

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Книги для современной школы.

Дм. РОЙТМАНЪ,

преподаватель астрономіи въ СПб. женск. Педагогич. Институтѣ.

ОБЩЕДОСТУПНЫЕ ОЧЕРКИ

ИЗЪ ОБЛАСТИ

АСТРОНОМИИ.

Публичныя лекціи о Землѣ и небесныхъ свѣтилахъ,
читанныя въ Лиговскомъ Народномъ домѣ, въ
аудиторіи завода Нобеля, на народномъ отдѣленіи
(бывшей) СПб. Вольной Высшей школы, въ аудито-
ріяхъ СПб. Общества народныхъ университетовъ и
О-ва „Маякъ“.

Выпускъ II.

**Луна. Солнце. Планеты. Кометы и падающія звѣзды.
Звѣздные міры. Происхожденіе небесныхъ свѣтилъ.**

Цѣль изданія подъ общимъ заглавіемъ:

„Книги для современной школы“—

поспособствовать осуществленію реформы школьнаго образованія въ Россіи, поскольку реформа эта зависитъ отъ библіотеки учителя и библіотеки учащагося.

Въ составъ этихъ изданій должны войти не только учебныя книги въ тѣсномъ смыслѣ слова, но и книги, могущія быть полезными для учителей, для внѣклассныхъ занятій учащихся, — вообще изданія, могущія улучшить школьное образованіе въ какомъ-либо отношеніи. Ростъ и развитіе современнаго научнаго знанія и современная культура стали предъявлять къ школьному образованію такія требованія, которымъ теперешняя постановка школьнаго дѣла удовлетворить уже не въ состояніи. Пойти навстрѣчу этимъ запросамъ жизни и знанія необходимо, и „Книги для современной школы“, по мѣрѣ возможности, будутъ считаться съ этими запросами. Само собою разумѣется, что среди „Книгъ для современной школы“ найдутъ свое мѣсто переводы тѣхъ иностранныхъ классическихъ сочиненій, которыя наиболѣе въ состояніи помочь достиженію цѣлей предпринимаемыхъ изданій.

Книгоиздательство Т-ва И. Д. Сытина.



Типографія Т-ва И. Д. Сытина, Пятницкая улица, свой д.
Москва. — 1909.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Настоящіе очерки представляют собою продолженіе двухъ очерковъ о формѣ и движеніи земли, выпущенныхъ въ свѣтъ въ 1907 году («Книги для современной школы», изд. Т-ва И. Д. Сытина, Москва). Какъ въ изложеніи тѣхъ двухъ очерковъ, такъ и здѣсь я держался принциповъ, которые, по моему глубокому убѣжденію, должны быть руководящими при популяризаціи всякой отрасли знанія, особенно, если дѣло идетъ объ изложеніи знаній въ возможно простомъ, но въ то же время связномъ и законченномъ видѣ передъ почти или совершенно неподготовленной аудиторіей въ теченіе $1\frac{1}{2}$ —2 часовъ, назначенныхъ на каждую бесѣду.

Бесѣда должна вестись такъ, чтобы аудиторія слѣдила за ней не пассивно, однимъ слухомъ и зрѣніемъ, но мыслью (*nachdenkend*, по непереводимому мѣткому нѣмецкому выраженію), слѣдила возможно живо и безъ особыхъ усилій за развитіемъ мысли лектора. Нужно сдѣлать такъ, чтобы въ теченіе всей бесѣды въ умѣ слушателя послѣдовательно возникалъ рядъ важныхъ или просто интересныхъ вопросовъ, которые тутъ же получали бы предъ нимъ достаточно убѣдительное разрѣшеніе. Однимъ словомъ нужно, чтобы шла настоящая бесѣда (*Vortrag*, какъ выражаются нѣмцы), а не одностороннее чтеніе (не лекція по университетской манерѣ, не *Vorlesung*). Такая цѣль не можетъ быть достигнута только сообщеніемъ или даже мастерскимъ описаніемъ фактовъ, какъ бы инте-

ресны ни казались они лектору (наиболѣе распространенная ошибка популяризаторовъ). Во всякой бесѣдѣ непременно долженъ быть налицо логическій элементъ. Цѣлью бесѣды должны быть принципы, руководящія идеи—эти движущія силы всякаго знанія. Слушатель долженъ уйти послѣ бесѣды или съ возможно твердо установленнымъ взглядомъ на данный рядъ явленій, или, по меньшей мѣрѣ, съ пробужденнымъ идейнымъ къ нему интересомъ, но не съ быстро гаснущимъ интересомъ простого любопытства. Поэтому факты должны быть подобраны возможно строго проверенные и твердо установленные, въ числѣ, лишь необходимомъ и достаточномъ для достиженія цѣли, но никакое роскошествованіе въ этомъ отношеніи не допустимо. Описаніемъ фактовъ приходится ограничиваться лишь тамъ, гдѣ въ наукѣ не имѣется сколько-нибудь установленныхъ воззрѣній на взаимную связь явленій и на ихъ законы; всюду, гдѣ только возможно, факты должны служить именно для установленія этой связи, для разъясненія этихъ законовъ. И если даже подготовка аудиторіи не допускаетъ изложенія научной обработки предмета (напримѣръ, математической), то и въ такомъ случаѣ нужно стараться пользоваться всѣми возможными способами (опытами, простыми ариѳметическими расчетами, разъясненіемъ чисто-пространственныхъ отношеній) для нагляднаго раскрытія связи явленій и сущности управляющихъ ими законовъ.

Изложеніе своихъ бесѣдъ я старался вести въ духѣ великаго неподражаемаго образца истинно-популярнаго и въ то же время глубоко научнаго изложенія, даннаго Галилеемъ въ его «Разговорахъ о новой наукѣ» и «Разговорахъ о двухъ величайшихъ системахъ міра» (къ сожалѣнію, до

сихъ поръ не переведенныхъ въ Россіи). Это—донныѣ еще непревзойденный никѣмъ образецъ, гдѣ великій основатель современнаго раціональнаго естествознанія, излагая свои открытія, обращался не къ преслѣдовавшей его своею ядовитою ненавистью кастѣ ученыхъ профессоровъ и академиковъ, державшихся за Аристотеля и Птолемея, но къ широкой публикѣ, еще не знавшей великихъ законовъ динамики и не освоившейся еще съ новой Коперниковой системой міра.

Превосходное популярное изложеніе специально астрономіи находимъ въ книгѣ О. Конта: *Traité philosophique d'Astronomie populaire*, 1844. Здѣсь особенно ярко и гениально освѣщено развитіе научнаго метода изслѣдованія явленій.

Какъ на нѣкоторое приближеніе къ этимъ великимъ образцамъ, я могу, въ области популярнаго изложенія астрономіи, указать на талантливыя рождественскія чтенія проф. Роберта Болля «Starland» («Страна звѣздъ») и «The Beginning of the Earth» («Происхожденіе Земли»; обѣ книги имѣются въ русскомъ переводѣ), на книгу проф. С. Ньюкома «Astronomy for Everybody» («Астрономія для всѣхъ» въ переводѣ А. Р. Орбинскаго, 1905 г., изд. Mathesis), а также на извѣстные «Очерки астрономіи» Дж. Гершеля и «Астрономическіе вечера» Клейна. Послѣднія три книги требуютъ отъ читателя болѣе значительной подготовки, нежели книги Роберта Болля. Изъ книгъ К. Фламмаріона, пользующихся на мой взглядъ не вполне заслуженнымъ распространеніемъ, я указалъ бы лишь на интересную «Histoire du ciel» («Исторія неба»; есть плохой русскій переводъ 1875 года). Въ нѣкоторыхъ мѣстахъ я слѣдовалъ также оригинальнымъ и остроумнымъ статьямъ У. Дюринга, напечатаннымъ въ органѣ Дюринга

«Personalist und Emancipator» («Klima der Planeten», «Microastronomie» и др.).

Уже приведенные только имена Болля и Ньюкома указывают на то, что хорошее популярное изложение, даже при наличии дара изложения, доступно лишь людям, вполне влавающим своим предметом и потому умевшим выделить из него и изложить общедоступно то, что составляет в нем главные факты, сущность, руководящую идею, принцип. Сочетание же полного, творческого обладания предметом с мастерским, гениально простым и в то же время глубоким его изложением встречается только у гениальных натур, вроде Галилея.

Поэтому, принимая во внимание трудности подлинно популярного изложения, пусть не посетует читатель на недостатки настоящих очерков, где каждый знакомый с предметом не найдет, конечно, ничего для себя нового, кроме разве подбора и группировки материала при освещении некоторых вопросов. Я сдѣлалъ, что было в моих силахъ, и если бы не особенные условия русской народной аудитории, къ которымъ чтенія приспособлены, и не многократный успѣхъ этихъ чтеній въ публикѣ, указывающій на то, что они не были бесполезными, я никогда не рѣшился бы ихъ печатать.

Каждая бесѣда представляет собою законченное цѣлое и рассчитана на $1\frac{1}{2}$ —2 часа, включая 15—20-минутный перерывъ и демонстрацію необходимыхъ свѣтовыхъ картинъ и опытовъ.

Вопросы физико-механическаго и математическаго характера (изъ нихъ есть рядъ такихъ, которые обыкновенно не трактуются въ популярныхъ книгахъ, подобныхъ данной) изложены не отдѣльно, но въ связи съ изученіемъ того или иного небеснаго свѣтила. Такъ,

въ бесѣдѣ III (о лунѣ) читатель найдетъ вопросъ объ опредѣленіи небесныхъ разстояній, о предвычисленіи затмений, о тяготѣніи, какъ причинѣ движенія луны, о способѣ сравненія массъ земли и луны; въ бесѣдѣ IV (о солнцѣ) вопросы спектральнаго анализа и вычисленіе механическаго эквивалента теплоты (по Р. Майеру), въ бесѣдѣ V (о планетахъ) историческое развитіе планетной механики, законы Кеплера, арифметическій выводъ (точнѣе, повѣрку) закона Ньютона, понятіе объ опредѣленіи массъ планетъ и средней плотности земли, разборъ вопроса объ обитаемости планетъ; въ бесѣдѣ VII (о звѣздахъ) изложеніе задачи объ астрономическомъ счетѣ времени, о построеніи календаря, объ опредѣленіи долготы и широты и вопросъ о вѣроятномъ строеніи звѣзднаго міра; въ бесѣдѣ VIII изложеніе космогоническихъ воззрѣній Гершеля и Лапласа. При чтеніи, гдѣ невозможны ссылки на предыдущія бесѣды, нѣкоторые вопросы придется дополнять, перенося изложенное здѣсь изъ одной бесѣды въ другую.

Въ заключеніе приношу глубокую благодарность Л. Г. Малису за цѣнные указанія недосмотровъ, сдѣланные имъ при чтеніи рукописи и корректуръ.

Май, 1909.

Дмитрій Ройтманъ.

О Г Л А В Л Е Н І Е.

	Стр.
Предисловіе	V
III. О лунѣ и о затменіяхъ луны и солнца	3
IV. О солнцѣ.	59
V. О планетахъ	111
VI. О кометахъ и падающихъ звѣздахъ	191
VII. Звѣздное небо. Теченіе звѣздъ — вѣчный измѣритель времени. Строеніе нашего звѣзднаго міра	235
VIII. Происхожденіе солнца, земли и планетъ.	317
Заключеніе.	352

О ЛУНѢ И О ЗАТМЕНІЯХЪ ЛУНЫ И СОЛНЦА.

III.

О лунѣ и о затменіяхъ луны и солнца.

Луна (или мѣсяцъ)—самое близкое къ землѣ небесное свѣтило. Это—свѣтильникъ, освѣщающій наши ночи. Безъ луны, безъ ея мягкаго, серебристаго свѣта наши ночи много теряли бы въ своей красотѣ. Астрономы—ученые, изучающіе небесныя свѣтила,—назвали луну спутникомъ земли, потому что она сопровождаетъ землю въ ея движеніи вокругъ солнца. Близость луны къ землѣ и позволила узнать сравнительно больше, чѣмъ для другихъ небесныхъ свѣтилъ, о величинѣ луны, объ устройствѣ ея поверхности, о томъ, есть ли на лунѣ воздухъ и вода, могутъ ли тамъ обитать живыя существа, подобныя земнымъ, и т. п. Посмотримъ, какъ астрономы дошли до такихъ знаній о лунѣ.

Чтобы судить правильно о томъ, что такое луна, нужно прежде всего узнать, какъ далека отъ насъ луна, какъ велико разстояніе до нея. Только тогда мы можемъ судить и о томъ, какъ велика, напр., сама луна. Первое точное измѣреніе разстоянія до луны сдѣлали въ 1751 году французскіе астрономы Лаландъ (1732—1807) и Лакайль (1713—1762). Они постарались узнать и узнали, во сколько разъ разстояніе отъ центра (серединной точки) земли до центра луны больше поперечника земного шара. Оказалось, что

приблизительно въ 30 разъ. А такъ какъ было извѣстно уже, что поперечникъ земного шара содержитъ приблизительно 12.000 верстъ¹⁾, то, значитъ, разстояніе отъ земли до луны равно приблизительно 360.000 верстамъ. Это — самое малое разстояніе изъ всѣхъ, какія мы знаемъ для небесныхъ свѣтилъ; но и оно такъ велико, что поѣздъ, пробѣгающій 100 верстъ въ часъ, долженъ былъ бы идти до луны безостановочно около пяти мѣсяцевъ. Но какъ же, какимъ способомъ могли измѣрить такое огромное разстояніе? Чтобы познакомиться немного съ этимъ интереснымъ вопросомъ, опишемъ устройство одного простого астрономическаго инструмента, который служить для измѣренія угловъ.

Уголъ образуется при пересѣченіи двухъ прямыхъ различнаго направленія. Напримѣръ, если я гляжу сначала на одинъ предметъ (скажемъ, на звѣзду), а потомъ на другой (на другую звѣзду), то тѣ направленія, по которымъ я вижу два

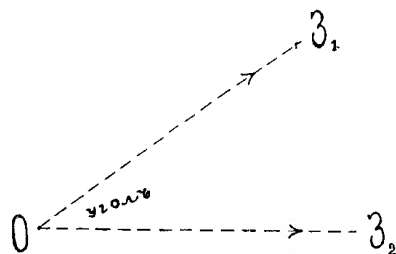


Рис. 1. Уголъ между пересѣкающимися прямыми.

предмета, пересѣкаются внутри моего глаза и образуютъ между собою нѣкоторый уголъ. Это изображено на рис. 1. Здѣсь буквой O обозначень глазъ, OZ_1 есть направленіе на первую звѣзду, OZ_2 — направленіе на вторую звѣзду; тогда Z_1OZ_2 будетъ уголъ между двумя направленіями, причемъ эти направленія пересѣкаются въ точкѣ O внутри глаза. Чѣмъ болѣе расходятся между

¹⁾ См. „Общедоступные очерки изъ области астрономіи“, вып. 1, бесѣда 1: „Форма земли и ея движеніе“. 1907. Москва. Изданіе Т-ва Сытина.

собою два направленія, тѣмъ больше будетъ уголъ между ними, и углы можно сравнивать по величинѣ и измѣрять. Для точнаго измѣренія угловъ употребляютъ раздѣленные круги.

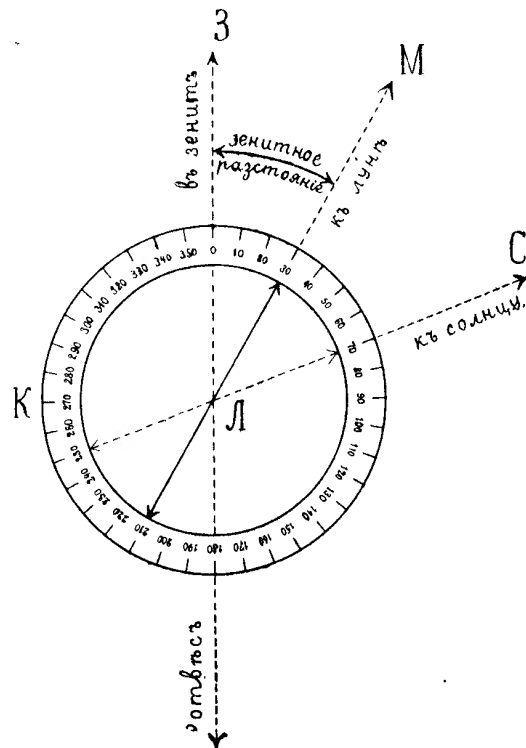


Рис. 2. Приборъ для измѣренія угловъ.

На рис. 2 изображенъ такой кругъ K . Окружность круга раздѣляется на 360 равныхъ частей. Каждая такая часть называется градусомъ. Въ центрѣ круга укрѣплена линейка L , которая вращается вокругъ этого центра и указываетъ направленіе на предметъ. Положимъ, что нашъ кругъ K расположенъ

такъ, что дѣленіе 0 (нуль) градусовъ очутилось наверху, а дѣленіе 180 градусовъ внизу; значитъ, если линейку поставить на нулевое дѣленіе, то она будетъ имѣть отвѣсное направленіе, по линіи *ЛЗ*. Тогда говорить, что линейка направлена въ зенитъ (надглавную точку). Теперь направимъ линейку на какой-нибудь предметъ *М* (напр., на центръ луны). Пусть она остановится противъ дѣленія 30 градусовъ. Тогда говорить, что уголъ между отвѣсной линіей *ЛЗ* и направленіемъ на луну *ЛМ* равенъ 30-ти градусамъ. Положимъ еще, что послѣ того мы направили линейку *Л* на центръ солнца, по линіи *ЛС*, и она остановилась противъ дѣленія 70 градусовъ; тогда можно сказать, что уголъ между направленіями на центръ солнца и на центръ луны равенъ 40 градусамъ (70 безъ 30-ти) и т. д. Значитъ, съ помощью раздѣленного круга можно измѣрить уголъ между любыми двумя различными направленіями. Если хотятъ производить еще болѣе точныя измѣренія угловъ, то каждый градусъ дѣлятъ на 60 равныхъ частей, называемыхъ минутами, а каждую минуту еще на 60 равныхъ частей, называемыхъ секундами. Астрономамъ приходится производить такія точныя измѣренія угловъ, что они должны иногда отсчитывать даже каждую десятую долю секунды. Замѣтимъ еще, что уголъ между направленіемъ отвѣсной линіи и направленіемъ на предметъ называется зенитнымъ разстояніемъ этого предмета. Такъ, на примѣръ, на рис. 2 уголъ *ЗЛМ* есть зенитное разстояніе центра луны; уголъ *ЗЛС* есть зенитное разстояніе центра солнца. Теперь опишемъ астрономическій приборъ, съ помощью котораго можно измѣрить разстояніе до луны.

Приборъ изображенъ на рис. 2, bis. Для нашей цѣли его главную часть служить раздѣленный кругъ *К* съ

линейкою *Л*, указывающей направленіе на предметъ. Кругъ этотъ долженъ располагаться отвѣсно и не вращаться, вращается только линейка *Л*, насаженная на ось *ЛГ*, пропущенную внутри муфты *О*, которая скрѣплена неподвижно съ кругомъ *К*. На другомъ концѣ оси прикрѣплена подзорная труба *Т*, которую и направляютъ на предметы. Когда труба направлена прямо вверхъ, по отвѣсу (или въ зенитѣ), то линейка *Л* указываетъ на 0 (нуль) градусовъ. Кромѣ того, труба *Т* вмѣстѣ съ осью *ЛГ* и кругомъ *К* можетъ вращаться вокругъ отвѣсной оси *ОВ*, такъ что, значитъ, трубу можно направить на любой предметъ, по любому направленію: нужно только надлежащимъ образомъ повернуть всю верхнюю часть прибора вокругъ оси *ОВ*, а трубу (съ линейкой *Л*) вокругъ оси *ЛГ*. На рис. 2, bis труба направлена на центръ луны, линейка *Л* указываетъ

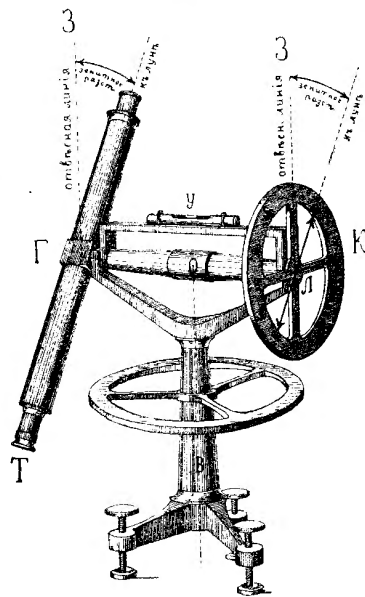


Рис. 2, bis. Приб. для изм. угловъ.

дѣленіе 30 градусовъ. Значитъ, зенитное разстояніе центра луны равно 30-ти градусамъ. Чтобы установить ось *ОВ* строго по отвѣсу, наверху прибора прикрѣпленъ уровень (ватерпасъ) *У*. Тремя винтами, на которыхъ стоитъ весь приборъ, надо дѣйствовать такъ, чтобы пузырекъ стоялъ посрединѣ уровня. Тогда ось *ОВ* будетъ стоять точно по отвѣсу, а ось *ЛГ*, идущая

подъ прямымъ угломъ къ оси OB , будетъ стоять горизонтально (совершенно ровно, какъ прямая палочка, плавающая на поверхности спокойно стоящей воды). При помощи описаннаго прибора астрономы Лаландъ и Лакайль и опредѣляли зенитныя разстоянія центра луны съ двухъ различныхъ мѣстъ, а съ помощью ихъ измѣрили лунное разстояніе. Посмотримъ, какъ они сдѣлали это.

Артиллеристы давно уже умѣютъ измѣрять разстояніе до непріятельскаго лагеря, не подходя къ самому лагерю. Это имъ нужно для прицѣла. Они поступаютъ такъ. Возлѣ своего лагеря они измѣряютъ какую-нибудь прямую линію AB , скажемъ, въ 200 сажень длины. Одинъ артиллеристъ становится съ угломернымъ снарядомъ (напр., съ астролябіей) на концѣ A , другой—на концѣ B ; первый измѣряетъ уголъ между направлениемъ линіи AB и направлениемъ линіи AL

на какую-нибудь точку непріятельскаго лагеря L . Пусть вышелъ уголъ въ 80 градусовъ (см. рис. 3). Другой измѣряетъ уголъ между направлениемъ BA и направлениемъ BL . Пусть вышло $90\frac{1}{2}$ градусовъ. Теперь нетрудно уже узнать, во сколько разъ, напримѣръ, длина линіи BL больше длины линіи AB , т.-е. 200 сажень. Для этого на листѣ бумаги (см. слѣва на рис. 3) проводятъ линію ab , скажемъ, въ 20

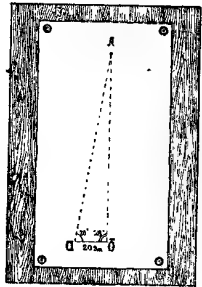
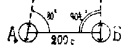


Рис. 3. Опредѣленіе разстоянія до недоступнаго предмета.



дьюймовъ и условливаются, что каждый дюймъ изображаетъ 10 сажень, а вся линія ab —200 сажень, т.-е. линію AB . Затѣмъ при точкѣ a чертятъ уголъ $бал$ въ 80 градусовъ, при точкѣ b —уголъ $абл$ въ $90\frac{1}{2}$ градусовъ. Линіи $ал$ и $бл$ при пересѣченіи дадутъ точку $л$, и эта точка изобразитъ намъ точку L , въ непріятельскомъ лагерѣ. Смѣримъ теперь длину линіи $бл$ на бумагѣ. Окажется приблизительно 120 дюймовъ. Значитъ, линія $бл$ въ 6 разъ длиннѣе линіи $аб$. Поэтому и линія BL въ натурѣ тоже въ 6 разъ длиннѣе линіи AB или 200 сажень. Значитъ, разстояніе до непріятельскаго лагеря BL равно 200×6 или 1200 сажень. Подобно этому поступаютъ и астрономы для измѣренія луннаго разстоянія.

Лаландъ и Лакайль условились такъ. Одинъ производилъ измѣренія въ Берлинѣ (столицѣ Германіи),

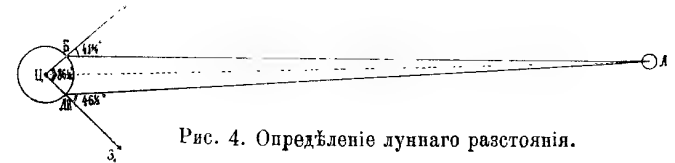


Рис. 4. Опредѣленіе луннаго разстоянія.

другой на мысѣ Доброй Надежды (на южной оконечности Африки). Два мѣста были выбраны такъ, чтобы одно было точно къ сѣверу отъ другого, а второе точно къ югу стъ первого или, какъ говорятъ, на одномъ меридіанѣ, и поэтому полдень наступалъ въ этихъ мѣстахъ одновременно. Два мѣста наблюденія были очень отдалены другъ отъ друга, на разстояніе около 9000 верстъ. Въ ночь 6 декабря 1751 года, въ одинъ и тотъ же моментъ Лакайль и Лаландъ измѣрили, каждый въ своемъ мѣстѣ, зенитное разстояніе центра луны. На рис. 4 изображенъ слѣва земной шаръ. Точка C есть центръ земли, B

мѣсто наблюденія Лаланда, *Д.Н.* мѣсто наблюденія Лакайля. Отвѣсная линія въ мѣстѣ *В* будетъ *ЦВЗ*, въ мѣстѣ *Д.Н.* — *ЦД.Н.З₁*. Обѣ эти линіи должны пройти чрезъ центръ земли. Уголь *ЗЦЗ₁* между обѣими отвѣсными линіями получался около $86\frac{1}{2}$ градусовъ. Буквой *Л* справа на рис. 4 обозначена луна. Лаландъ измѣрилъ зенитное разстояніе ея центра, т.-е. уголь *ЗБЛ* и нашелъ его равнымъ приблизительно $41\frac{1}{4}$ градусамъ. Лакайль въ тотъ же моментъ измѣрилъ у себя зенитное разстояніе центра луны *З₁Д.Н.Л* и нашелъ его равнымъ приблизительно $46\frac{1}{2}$ градусамъ. Послѣ этого оставалось только начертить на бумагѣ четырехугольникъ *БЦД.Н.Л* съ тѣми же точно углами, какіе были получены изъ измѣреній, и вычислить, во сколько разъ разстояніе *ЦЛ* больше разстоянія *ЦБ*, т.-е. земного радіуса. Оказалось почти въ 60 разъ. Значитъ, разстояніе между центрами земли и луны содержитъ приблизительно 60 земныхъ радіусовъ или 30 земныхъ діаметровъ (поперечниковъ), т.-е. около 360.000 верстъ, такъ какъ поперечникъ земного шара содержитъ около 12.000 верстъ.

Послѣ этого уже нетрудно было измѣрить величину самой луны. Дѣло вотъ въ чемъ.

Одинъ и тотъ же предметъ кажется намъ то больше, то меньше, смотря по тому, ближе онъ къ намъ или дальше отъ насъ. Чѣмъ предметъ ближе къ намъ, тѣмъ подъ бѣльшимъ угломъ мы его видимъ и тѣмъ больше кажется онъ намъ. Напримѣръ, шаръ *Л* (см. рис. 5) кажется съ точки *О* больше, чѣмъ тотъ же шаръ *Л* съ точки *О₁*, такъ какъ онъ ближе къ *О*, чѣмъ къ *О₁*. Уголь *КОМ*, подъ которымъ шаръ виденъ съ точки *О*, больше угла *КО₁М*, подъ которымъ шаръ виденъ съ точки *О₁*. И вотъ по величинѣ этого угла можно вычислить, во сколько разъ радіусъ шара *ЛК* меньше

разстоянія *ОЛ* отъ точки *О* (или *О₁*) до центра шара. Для луны этотъ уголь оказывается немного больше полуградуса (32 минуты), и поперечникъ луны выходитъ приблизительно въ 110 разъ меньше луннаго разстоянія, а именно, около 3300 верстъ, нѣсколько больше четверти поперечника земного шара. Отсюда можно вывести, что объемъ луны, если ее считать, какъ землю, за шаръ, приблизительно въ 50 разъ меньше объема земли. А что мы должны считать луну шарообразной, какъ и землю, это мы сейчасъ увидимъ.

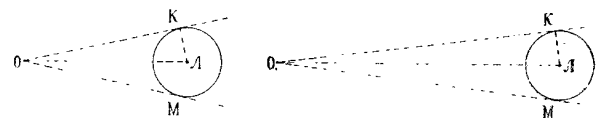


Рис. 5. Кажущаяся величина предмета.

Каждый знаетъ, что луна бываетъ видна въ разное время различной по формѣ. То мы видимъ ее въ формѣ тонкаго серпа по вечерамъ на западѣ, тотчасъ послѣ заката солнца, то въ видѣ полукруга, то въ видѣ почти полукруга (горбушка), то въ видѣ полного круга, когда она восходитъ при закатѣ солнца, то опять въ видѣ серпа уже на востокѣ передъ восходомъ солнца, то она совсѣмъ скрывается. Когда луна скрывается вовсе, говорятъ, что наступило новолуніе. Послѣ того луна появляется въ видѣ тонкаго серпа по вечерамъ на западѣ послѣ заката солнца (новая луна). Постепенно серпъ расширяется и черезъ недѣлю приблизительно послѣ новолунія становится полукругомъ. Говорятъ, наступила первая четверть (см. рис. 6). Далѣе свѣтлая часть поверхности луны еще увеличивается, становится выпуклой и съ другой стороны (горбушка) и чрезъ недѣлю послѣ первой четверти

становится полнымъ кругомъ. Говорятъ, наступило полнолуніе. Послѣ полнолунія свѣтлая часть начи-

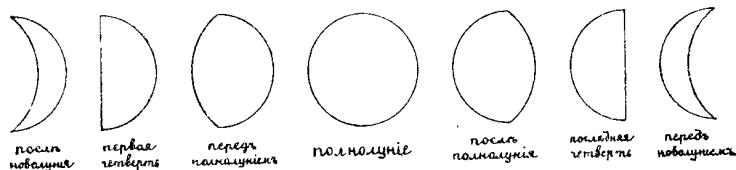


Рис. 6. Фазы (виды) луны.

наетъ убывать, но уже съ другого края луны, и черезъ недѣлю опять становится полукругомъ. Это—послѣдняя четверть. Послѣ того луна опять дѣлается видна въ видѣ серпа, а черезъ недѣлю послѣ послѣдней четверти скрывается совсѣмъ (новолуніе). Отъ новолунія до новолунія проходитъ $29\frac{1}{2}$ сутокъ.

Какъ же объяснить, почему луна принимаетъ различныя формы? Это объясняется тѣмъ, что луна шарообразна, и что она не имѣетъ собственнаго свѣта, но освѣщается солнцемъ. Она будетъ освѣщена различно, смотря по тому, въ какомъ положеніи будетъ относительно земли и солнца. Вообразите себѣ, что на рис. 7 лампочка *С* изображаетъ солнце и отбрасываетъ отъ зеркала *З* параллельные лучи на мячъ *Л*, изображающій луну. Мячъ движется вокругъ глаза наблюдателя,

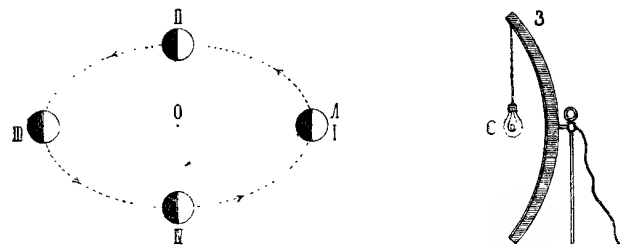


Рис. 7. Объясненіе фазъ луны.

изображеннаго точкой *О*. Въ положеніи *I*, когда мячъ находится между лампой и глазомъ, къ глазу обращена темная неосвѣщенная часть мяча. Положеніе *I* изображаетъ новолуніе. Наоборотъ, въ положеніи *III*, когда глазъ находится между мячомъ и лампой, къ глазу обращена свѣтлая половина мяча. Положеніе *III* изображаетъ полнолуніе. Въ положеніяхъ *II* и *IV* глазъ увидитъ половину видной ему поверхности мяча въ свѣту, половину—въ тѣни, т.-е. увидитъ какъ бы первую и послѣднюю четверть луны. Между положеніями *I* и *II* или *IV* и *I* освѣщенная часть мяча будетъ казаться въ видѣ серпа, а между положеніями *II* и *III* или *III* и *IV*—въ видѣ горбушки.

Таково объясненіе различныхъ формъ луны. Эти формы называются фазами луны. Если бы луна не была темнымъ шаромъ, мы не наблюдали бы у нея такихъ фазъ, какія наблюдаемъ.

Смѣна фазъ луны показываетъ, что луна движется вокругъ земли. Но это движеніе можно легко замѣтить и прямо, наблюдая положеніе луны среди звѣздъ. Если въ одну изъ ночей мы замѣтимъ, что луна была близка къ какой-нибудь яркой звѣздѣ, то на слѣдующую ночь въ тотъ же часъ мы увидимъ, что луна уже далеко отодвинулась отъ той же звѣзды къ востоку. Измѣривъ уголъ между направленіями на звѣзду и луну, найдемъ, что луна отодвинулась къ востоку отъ звѣзды на 13 градусовъ или приблизительно на 24 собственныхъ діаметра (поперечника). Слѣдовательно, уже за часъ луна передвигается къ востоку приблизительно на величину своего діаметра. Слѣдя за луной день за днемъ, мы увидимъ, что центръ ея опишетъ на небесномъ сводѣ полный кругъ, и приблизительно черезъ 27 сутокъ и 8 часовъ луна возвращается въ прежнее свое положеніе среди звѣздъ. Двигаясь по

небосводу, луна покрывает ряд звѣздъ. Эти звѣзды, вмѣстѣ съ другими, рядомъ съ ними лежащими, еще древніе наблюдатели раздѣлили на двѣнадцать созвѣздій и назвали созвѣздія созвѣздіями зодіака¹⁾.

Значитъ, луна совершаетъ полный оборотъ вокругъ земного шара приблизительно въ $27\frac{1}{3}$ сутокъ. Но мы видѣли, что новолуніе (или полнолуніе, или другая одинаковая фаза) наступаетъ не черезъ $27\frac{1}{3}$, а черезъ $29\frac{1}{2}$ су-

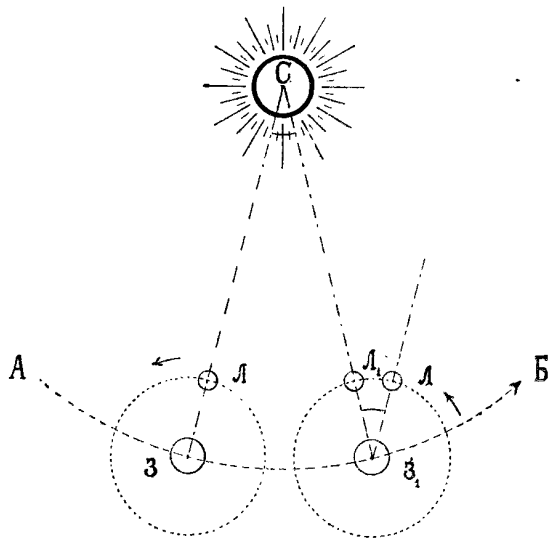


Рис. 8. Запаздываніе новолунія.

токъ. Почему же новолуніе запаздываетъ на двое слишкомъ сутокъ? Потому, что сама земля движется вокругъ солнца и совершаетъ полный оборотъ въ теченіе приблизительно $365\frac{1}{4}$ сутокъ. На рис. 8 представлено

¹⁾ См. объ этихъ созвѣздіяхъ II бесѣду въ „Общедоступныхъ очеркахъ изъ области астрономіи“, вып. I, 1907, изд. Т-ва Сытина, Москва.

объясненіе запаздыванія лунныхъ фазъ. Буквой С обозначено солнце, кругъ АБ есть путь земли вокругъ солнца, меньшій кругъ, описанный вокругъ земли есть путь луны. Положимъ, что, когда земля была въ положеніи З, луна была въ новолуніи, въ положеніи Л, между землей и солнцемъ. Черезъ мѣсяцъ приблизительно, точнѣе, черезъ $27\frac{1}{3}$ сутокъ, луна опишетъ вокругъ земли полный кругъ (въ направленіи, указанномъ стрѣлкой) и снова придетъ въ точку Л, но земля за это время передвинется приблизительно на $\frac{1}{13}$ своего пути вокругъ солнца (въ томъ же направленіи, какъ и луна) и станетъ въ положеніе З₁. Направленіе на луну З₁Л останется прежнее (параллельное ЗЛ), но направленіе на солнце З₁С будетъ уже иное, чѣмъ прежде (ЗС). Поэтому луна уже не будетъ теперь въ новолуніи, на одной линіи съ землей и солнцемъ. Чтобы стать на эту линію, лунѣ нужно передвинуться на нѣкоторый уголъ вокругъ земли въ направленіи, указанномъ стрѣлкой. На такое передвиженіе требуется приблизительно $\frac{1}{13}$ времени полного оборота, т.-е. нѣсколько больше 2 сутокъ, и потому новолуніе наступитъ не черезъ $27\frac{1}{3}$ сутокъ послѣ предыдущаго новолунія, но черезъ $29\frac{1}{2}$.

Движеніе луны среди созвѣздій зодіака было извѣстно въ глубокой древности. По движенію луны многіе народы, а мусульмане и до сихъ поръ, вели счетъ времени и лѣтосчисленіе. Отъ новолунія до новолунія проходитъ почти мѣсяцъ времени. Считали одинъ мѣсяцъ въ 29 дней, другой — въ 30 дней, и изъ 12 мѣсяцевъ составляли годъ; такой годъ, однако, содержалъ только 354 сутки вмѣсто $365\frac{1}{4}$ и потому не согласовался съ теченіемъ временъ года.

Промежутокъ времени между двумя новолуніями ($29\frac{1}{2}$ сутокъ) былъ названъ луннымъ мѣсяцемъ,

а промежутокъ времени между двумя возвращеніями луны къ одной и той же звѣздѣ — звѣзднымъ мѣсяцемъ ($27\frac{1}{3}$ сут.). Звѣздный мѣсяцъ и есть время одного полного оборота луны вокругъ земли, между тѣмъ какъ за одинъ лунный мѣсяцъ луна дѣлаетъ больше одного полного оборота ($1\frac{1}{13}$).

При движеніи луны вокругъ земли происходятъ время отъ времени замѣчательныя явленія. Это затменія луны и солнца. Затменіе луны состоитъ въ томъ, что около полуночи, при полнолуніи, хотя небо бываетъ совершенно ясно и чисто отъ облаковъ, луна внезапно начинаетъ погружаться въ какую-то тѣнь круглой формы, скрывается совершенно иногда на два часа слишкомъ, а потомъ опять выходитъ постепенно изъ тѣни и сіяетъ прежнимъ своимъ яркимъ свѣтомъ.

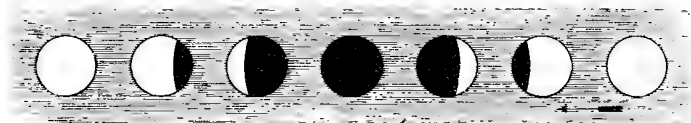


Рис. 9. Затменіе луны.

Какъ происходитъ явленіе, изображено на рис. 9. Луна, двигаясь съ запада на востокъ (справа налево), начинаетъ погружаться въ тѣнь восточнымъ своимъ краемъ. Для насъ это будетъ лѣвый край, такъ какъ мы видимъ луну всегда въ южной сторонѣ неба. Что здѣсь мы имѣемъ дѣло уже не съ фазами луны, а съ какимъ-то другимъ явленіемъ, видно ясно, если сравнить рис. 9 съ рис. 6. На рис. 6 граница между свѣтлой и темной частью лунной поверхности загибается гораздо круче, имѣетъ большую кривизну, чѣмъ на рис. 9. Значитъ, граница свѣта и тѣни на рис. 9 происходитъ отъ какого-то другого тѣла, а не отъ формы поверхности самой луны.

Затменіе солнца изображено на рис. 15 (стр. 25); оно состоитъ въ томъ, что въ совершенно ясную погоду, при полномъ солнечномъ освѣщеніи, на солнце внезапно съ западной его стороны (правой для насъ) на-двигается какое-то круглое тѣло, на взглядъ такой же величины, какъ само солнце, иногда закрываетъ его совсѣмъ на 5—6, даже 8 минутъ; наступаетъ внезапно темнота, и иной разъ бываютъ видны даже звѣзды, какъ ночью, а затѣмъ темное тѣло постепенно сдвигается на востокъ, и солнце снова сіяетъ полнымъ своимъ свѣтомъ.

Еще и теперь нѣкоторые народы думаютъ, что во время затменія луну или солнце глотаетъ какое-то чудовище—драконъ. Негры въ Африкѣ и жители Туркестана и теперь во время затменія луны стараются производить страшный шумъ и крикъ, думая этимъ напугать чудовище и заставить его отдать назадъ луну. Но уже въ древности люди поняли, въ чемъ дѣло, перестали вѣрить розказнямъ и научились даже предсказывать напередъ, когда должно случиться затменіе луны или солнца. Посмотримъ, какъ они дошли до этого.

Прежде всего они замѣтили, что солнечное затменіе всегда случается въ новолуніе, а лунное—въ полнолуніе. Иначе никогда не бываетъ. Уже изъ этого одного стало ясно, что затменія имѣютъ связь съ движеніемъ луны вокругъ земли. Какъ только замѣтили это, нашли и правильное объясненіе затменій и перестали вѣрить въ драконовъ. Явленіе происходитъ такъ.

Солнце, земля и луна имѣютъ форму шара, причемъ солнце гораздо больше земли, а земля—больше луны. Земля и луна—тѣла темныя и освѣщаются солнцемъ. Какъ всякія темныя тѣла, земля и луна

отбрасываютъ тѣни въ сторону, противоположную той сторонѣ, гдѣ находится солнце. Эти тѣни должны имѣть видъ сходящихся конусовъ. Онѣ-то и производятъ затмѣнія луны и солнца. Рисунокъ 10 объясняетъ, въ чемъ дѣло.

Буквой *C* на рисунокѣ обозначено солнце, буквой *З* — Земля, буквами *Л* и *Л₁* — луна во время полнолунія и новолунія. Кругъ около земли обозначаетъ путь, по которому движется луна, или орбиту луны. Лучи солнца облекаютъ со всѣхъ сторонъ шарообразное тѣло земли, и земля отбрасываетъ тѣнь въ видѣ сходящагося конуса *ОДЕ*. Эта тѣнь очень длинна. Вершина конуса *O* удалена отъ центра земли почти на $1\frac{1}{2}$ милліона верстъ. Вотъ почему луна, которая находится только на разстояніи 360.000 верстъ отъ земли, т.-е. вчетверо ближе конца тѣни, во время полнолунія можетъ погрузиться въ тѣнь земли, и тогда произойдетъ затмѣніе луны. Это произойдетъ непременно во время полнолунія, такъ какъ только во время полнолунія луна находится по другую сторону земли, чѣмъ солнце, т.-е. находится въ области земной тѣни. Ширина тѣни въ томъ мѣстѣ, гдѣ проходитъ луна, слишкомъ втрое больше луннаго діаметра (поперечника), поэтому иногда луна скрывается въ земной тѣни нѣсколько часовъ.

Во время новолунія луна *Л₁* проходитъ между землей и солнцемъ, и тогда можетъ случиться, что тѣнь луны достигнетъ земной поверхности и покроетъ небольшую часть ея *аб*. Въ этой части и произойдетъ полное солнечное затмѣніе. Тѣнь отъ луны на землѣ, какъ и сама луна, будетъ двигаться съ запада на востокъ, и потому затмѣніе солнца начнется въ западныхъ странахъ, а кончится въ восточныхъ, напримѣръ, можетъ начаться на берегу Атлантиче-

скаго океана въ Америкѣ, а окончится въ Европѣ или Африкѣ. По рис. 10 можно заключить и о разницѣ между луннымъ и солнечнымъ затмѣніями. Лунное затмѣніе начинается и кончается сразу, въ одинъ моментъ, для всей той половины земной поверхности, гдѣ его можно видѣть (на рис. 10 это будетъ вся затѣненная часть земной поверхности). Солнечное же затмѣніе въ извѣстный моментъ наступаетъ только для небольшой части земной поверхности, на которую падаетъ тѣнь луны. Эта часть бываетъ не больше 200 — 300 верстъ въ ширину. Таково объясненіе лунныхъ и солнечныхъ затмѣній.

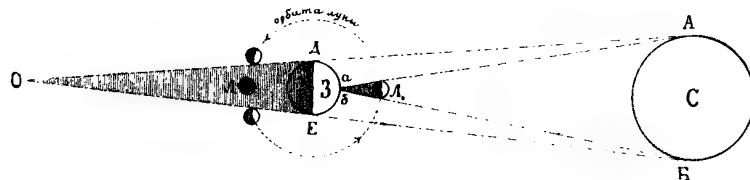


Рис. 10. Объясненіе затмѣнія луны и солнца.

Судя по нашему объясненію, можно было бы думать, что каждый мѣсяцъ должно случаться два затмѣнія: одно лунное — въ полнолуніе, другое солнечное — въ новолуніе. Но на самомъ дѣлѣ затмѣнія не случаются такъ часто; наоборотъ, это довольно рѣдкія явленія, въ особенности полныя затмѣнія солнца. Посмотримъ, почему затмѣнія случаются не каждый мѣсяцъ, и что требуется для того, чтобы затмѣніе наступило.

Мы знаемъ уже, что земля движется вокругъ солнца въ теченіе года и что центръ ея описываетъ почти круговую линію. Такъ какъ мы окружены звѣздами и не замѣчаемъ своего движенія вмѣстѣ съ землей, то намъ кажется, что солнце въ теченіе года передви-

гаются по небосводу и покрываютъ рядъ звѣздъ. Эти звѣзды расположены на небѣ по кругу и вмѣстѣ съ другими звѣздами, рядомъ съ ними лежащими, образуютъ двѣнадцать созвѣздій зодіака. На каждый мѣсяць приходится по одному созвѣздію. Если бы мы могли перенестись на солнце и наблюдать отсюда за движеніемъ земли, то мы увидѣли бы, что тѣнь земли въ теченіе года передвигается также среди двѣнадцати созвѣздій зодіака. Это тѣ же самыя созвѣздія, среди которыхъ въ теченіе $27\frac{1}{3}$ сутокъ передвигается луна

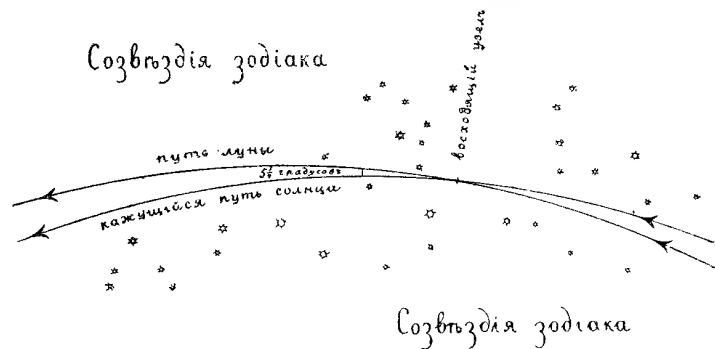


Рис. 11. Путь луны и солнца среди звѣздъ.

(см. стр. 14), но только центръ луны движется не по той линіи, по которой кажущимся образомъ движется центръ солнца. Эти двѣ линіи на небѣ не совпадаютъ. Онѣ пересѣкаются, и между ними имѣется уголъ въ 5° съ четвертью, приблизительно, градусовъ. Это изображено на рисункѣ 11.

Путь луны и кажущійся путь солнца на небосводѣ представляютъ собою полные круги и опоясываютъ все небо. Поэтому они пересѣкаются не въ одной, а въ двухъ точкахъ. Эти точки называются узлами, одинъ восходящимъ, другой нисходящимъ. На рис. 11

изображенъ восходящій узелъ. Здѣсь луна начинаетъ подниматься надъ линіей движенія солнца къ сѣверу.

Теперь мы можемъ объяснить себѣ, почему затмѣнія должны случаться не въ каждое полнолуніе и новолуніе. Возьмемъ лунное затмѣніе, которое случается всегда въ полнолуніе. Кажущійся путь солнца будемъ называть эклиптикой, а путь луны — орбитой луны. Тѣнь, отбрасываемая землей, при годовомъ движеніи земли движется вдоль эклиптики. Значить, и луна, если должно случиться затмѣніе, должна во время полнолунія находиться на эклиптикѣ или близко возлѣ нея. Въ противномъ случаѣ луна пройдетъ выше или ниже земной тѣни и не затмится. Но когда же луна бываетъ на эклиптикѣ или возлѣ нея? Очевидно, тогда, когда она проходитъ черезъ узелъ (восходящій или нисходящій) или находится вблизи узла. Значить, чтобы наступило затмѣніе, нужно не только полнолуніе, но нужно еще, чтобы во время этого полнолунія луна была близка къ одному изъ узловъ. А эти два событія не каждый разъ совпадаютъ. Въ самомъ дѣлѣ, положимъ, что въ одно какое-нибудь полнолуніе луна была какъ разъ въ одномъ изъ узловъ и наступило полное лунное затмѣніе. Черезъ $27\frac{1}{3}$ сутокъ луна, сдѣлавъ почти полный оборотъ вокругъ земли, снова придетъ къ тому же самому узлу, а полнолуніе не наступитъ. Мы объяснили, что полнолуніе, по причинѣ движенія самой земли, должно запаздывать на двое слишкомъ сутокъ и случается только черезъ $29\frac{1}{2}$ сутокъ. Поэтому, когда наступитъ полнолуніе, луна уйдетъ изъ своего узла, будетъ выше или ниже эклиптики, выше или ниже земной тѣни; значить, затмѣніе можетъ и не случиться. Въ слѣдующее полнолуніе она окажется еще дальше отъ узла и т. д. Все ска-

зависит от лунного затмения, а также и о солнечном, пояснено еще иначе на рисунках 12 и 13.

На рис. 12 изображено положение луны и земли, самое неблагоприятное для затмения луны и солнца. Во время полнолуния луна L оказалась в наибольшем удалении от эклиптики и находится выше ее; во время новолуния луна L_1 оказалась также в наибольшем удалении от эклиптики и находится ниже ее. Это наибольшее удаление достигает у луны почти 28 тысяч верст,

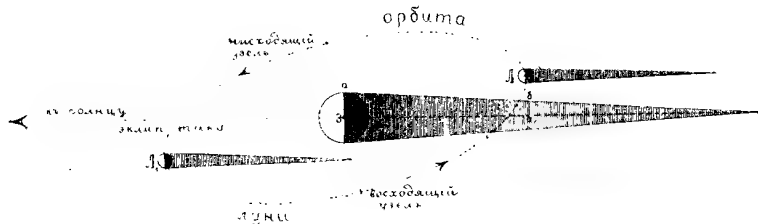


Рис. 12. Новолуние и полнолуние вдали от узлов.

между тѣмъ какъ полупоперечникъ или радиусъ земли ($3a$) содержитъ только 6 тысячъ верстъ, а радиусъ того мѣста земной тѣни, куда погружается луна ($об$), — только 4700 верстъ. Отсюда и видно, что во время новолуния тѣнь отъ луны не можетъ здѣсь упасть на поверхность земли, и потому не случится солнечнаго затмения, а во время полнолуния луна не попадаетъ въ тѣнь земли, и потому не случится луннаго затмения.

Посмотримъ, что произойдетъ приблизительно черезъ три мѣсяца. Это изображено на рис. 13.

Земля, двигаясь вокругъ солнца, опишетъ около четверти полного круга. Луна, сдѣлавъ три оборота вокругъ земли, въ новолуние окажется, положимъ, почти въ восходящемъ узлѣ L_1 , или въ полнолуние — въ ни-

сходящемъ узлѣ L . Тогда въ новолуние тѣнь отъ луны упадетъ на поверхность земли, и случится полное солнечное затмение, а въ полнолуние луна погрузится въ тѣнь земли, и случится полное лунное затмение.

Лучше всего вы поймете все, что здѣсь было сказано о затменияхъ, если сами изобразите движение

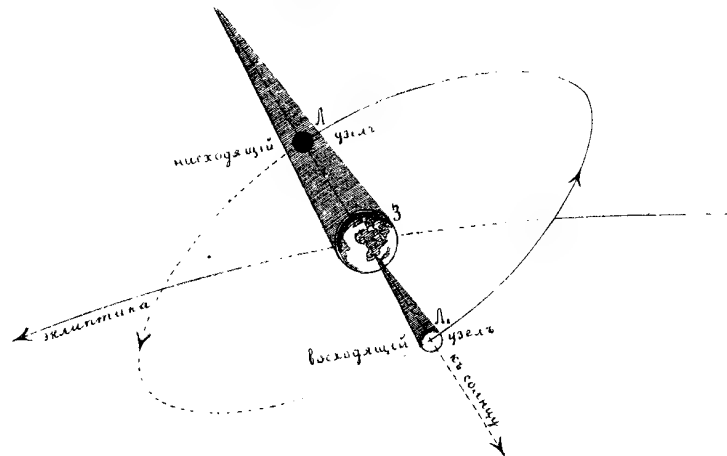


Рис. 13. Новолуние и полнолуние вблизи узлов.

луны и земли вокругъ солнца при помощи лампы, глобуса и небольшого мячика. Лампа на столѣ изобразитъ солнце, глобусъ — земной шаръ, а мячъ — луну. Глобусъ надо двигать по столу вокругъ лампы, такъ что его центръ будетъ находится всегда на одномъ и томъ же разстояніи отъ поверхности стола; мячъ надо двигать вокругъ глобуса такъ, чтобы онъ описывалъ меньшій кругъ, чѣмъ глобусъ, и притомъ еще такъ, чтобы кругъ этотъ былъ наклоненъ къ поверхности стола, и мячъ находился то выше, то ниже надъ этой поверхностью. Тогда вы и увидите, что, когда мячъ, напримѣръ, приходится между лампой и глобусомъ и

долженъ изображать новолуніе, его тѣнь не всегда падаетъ на глобусъ. Иногда мячъ при такомъ положеніи находится какъ разъ или почти какъ разъ на линіи, соединяющей центръ глобуса съ источникомъ свѣта; тогда тѣнь мяча падаетъ на поверхность глобуса. Иногда же мячъ, при подобномъ же положеніи, приходится выше или ниже упомянутой линіи, и тѣнь его проходитъ мимо глобуса. Чтобы опытъ удался, нужно брать мячъ (или просто шарикъ) поменьше, а лампу такую, чтобы у нея поверхность, испускающая лучи, была шире, чѣмъ поперечникъ шарика.

Теперь мы можемъ нарисовать себѣ болѣе точно картину луннаго и солнечнаго затменія.

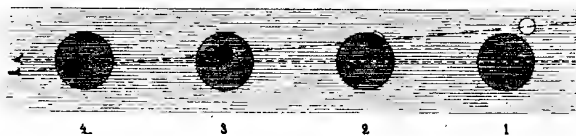


Рис. 14. Ходъ луннаго затменія.

На рис. 14 изображенъ ходъ луннаго затменія. Цифрами 1, 2, 3, 4 обозначены различныя положенія движущейся тѣни земли. Зачерченные большіе кружки изображаютъ именно то мѣсто тѣни, куда при затменіи погружается луна. Луна изображена малымъ кружкомъ, который движется наклонно къ пути земной тѣни. Въ положеніи 1 луна еще видна вся полнымъ свѣтлымъ кругомъ, какъ это и бываетъ всегда въ полнолуніе. Въ положеніи 2 часть луны уже погрузилась въ тѣнь, въ положеніи 3 середина полного затменія, въ положеніи 4 затменіе кончается: послѣ этого луна уже начнетъ выходить изъ тѣни и вскорѣ появится вся, опять въ видѣ полного свѣтлаго круга. Хотя тѣнь земли тоже движется въ ту же сторону,

какъ и луна, луна не можетъ все время оставаться внутри тѣни, такъ какъ луна движется быстрѣе земной тѣни. Иногда во время полнолунія луна бываетъ такъ далека отъ узла (и отъ эклиптики), что не вполне погружается въ тѣнь земли, а только частью задѣваетъ ее, какъ это, напримѣръ, изображено на рис. 14, цифра 2. Такое затменіе называется частнымъ.

На рис. 15 изображенъ ходъ солнечнаго затменія, цифрами 1, 2, 3, 4 изображены 4 положенія луны и солнца. Бѣлый кружокъ—солнце, черный кружокъ, почти одинаковой величины съ бѣлымъ,—луна; положеніе

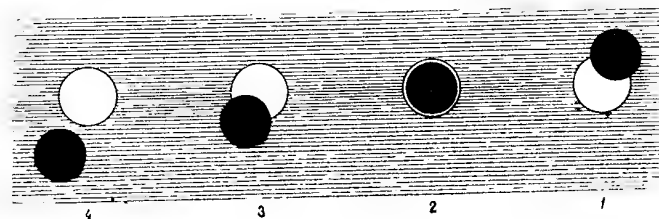


Рис. 15. Ходъ солнечнаго затменія.

1 изображаетъ начало затменія, когда темный кругъ луны начинаетъ надвигаться на солнце; положеніе 2—середина затменія, когда центры круговъ луны и солнца совпадаютъ; положеніе 4—конецъ затменія. Когда луна намъ кажется по величинѣ большей или равной солнцу, она въ срединѣ затменія совершенно закрываетъ солнце; тогда бываетъ полное солнечное затменіе. Если же луна кажется меньше солнца, то она въ срединѣ затменія закроетъ только среднюю часть солнца и оставитъ незакрытымъ еще тонкое свѣтлое кольцо, какъ это изображено на рис. 15 цифрой 2. Такое затменіе называется кольцеобразнымъ. Луна можетъ казаться намъ то больше, то меньше потому, что она бываетъ то ближе къ намъ, то дальше

отъ насъ. Земля не находится въ центрѣ лунной орбиты, и самая орбита луны не представляетъ точнаго круга.

Посмотримъ теперь, какъ еще древніе астрономы научились предсказывать напередъ наступленіе затмений. Мы объяснили, что для того, чтобы наступило затмение, нужны два условія: 1) нужно, чтобы случилось новолуніе или полнолуніе; 2) нужно, чтобы во время новолунія или полнолунія луна находилась вблизи эклиптики, вблизи одного изъ своихъ узловъ. Къ новолунію или полнолунію луна возвращается черезъ $29\frac{1}{2}$ сутокъ, а къ одному и тому же узлу черезъ $27\frac{1}{5}$ сут., отчего и происходитъ, что не во всякое новолуніе и полнолуніе случается затмение. Но еще древніе замѣтили, что затмения повторяются въ одномъ и томъ же порядкѣ черезъ каждые 18 лѣтъ и 10 или 11 дней. Этотъ періодъ времени они назвали саросъ и по записямъ прежнихъ затмений установили, что въ каждый саросъ всегда бываетъ 41 солнечное затмение и 29 лунныхъ. Почему же происходитъ такое повтореніе затмений? Вотъ почему. Саросъ содержитъ 6585 сутокъ. За это время луна вернется къ новолунію или полнолунію почти ровно 223 раза, а къ каждому изъ узловъ почти ровно 242 раза. Значитъ, если въ какое-нибудь новолуніе луна находилась, скажемъ, какъ разъ въ своемъ восходящемъ узлѣ, и случилось солнечное затмение, то черезъ 6585 сутокъ будетъ то же самое, опять случится солнечное затмение. Поэтому, зная продолжительность сароса, можно предсказывать затмения напередъ, т.-е. указать день ихъ наступленія.

Теперь, когда астрономы точно изучили движеніе луны, предсказывается не только день затмения, но его часы и минуты. Для солнечнаго же затмения точно указываются мѣста, по которымъ пройдетъ пятно лун-

ной тѣни, и гдѣ будетъ видно полное затменіе солнца. Астрономы готовятся къ этому событію и посылаютъ въ мѣста, гдѣ будетъ видно затменіе, наблюдателей съ инструментами. Дѣлаютъ это потому, что во время полнаго солнечнаго затмения можно видѣть особенныя явленія на поверхности солнца, которыя при обыкновенныхъ условіяхъ видѣть нельзя.

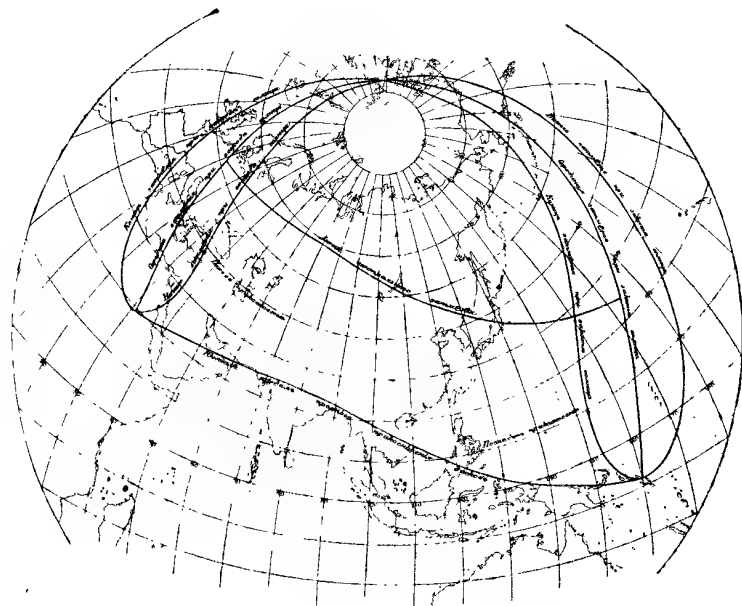


Рис. 16. Затменіе солнца 7 авг. 1887 г.

На рис. 16 изображено, какъ двигалась тѣнь луны по поверхности земли во время полнаго затмения солнца 7 августа 1887 года, и указаны границы, гдѣ было видно частное затменіе, т.-е. гдѣ солнце было только отчасти закрыто луной, гдѣ затменіе началось и гдѣ кончилось.

Есть одна нѣмецкая книга «Канонъ затмений», въ которой нѣмецкіе астрономы вычислили затмения и сдѣлали чертежи для нихъ на 3000 лѣтъ впередъ и на 2000 лѣтъ назадъ отъ нашего времени. И оказалось, что времена древнихъ затмений, вычисленные ими, совпадаютъ съ указаніями и записями лучшихъ древнихъ астрономовъ.

Отсюда видно, какъ важно знать для насъ порядокъ, по которому происходятъ явленія природы, знать законы этихъ явленій. Мы тогда не только умѣемъ объяснить себѣ правильно эти явленія, но и предсказывать ихъ напередъ. Пока не знали законовъ движенія луны, не умѣли не только предсказать, но даже объяснить правильно причины затмений; думали, что въ нихъ скрывается что-то чудесное, сверхъестественное: какіе-то драконы, чудовища глотають луну и солнце. Какъ только поняли, въ чемъ дѣло, узнали порядокъ движенія луны и солнца, перестали поддаться суевѣріямъ и научились не только правильно объяснять, но и предсказывать затмения. Такъ свѣтъ знанія уничтожаетъ суевѣрія и освобождаетъ отъ ихъ оковъ человѣческій разумъ.

Итакъ, луна движется вокругъ земли и сопровождаетъ землю при ея движеніи вокругъ солнца. Слѣдуя заразъ обоимъ движеніямъ, луна описываетъ въ пространствѣ волнообразную линію, которая изображена въ увеличенномъ видѣ на рис. 17. Попадая при движеніи вокругъ земли въ земную тѣнь, луна I произво-

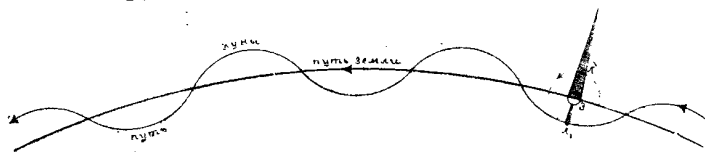


Рис. 17. Движеніе луны въ пространствѣ.

дить лунное затменіе: когда же тѣнь отъ самой луны падаетъ (въ положеніи I_1) на поверхность земли, то происходитъ солнечное затменіе.

На самомъ дѣлѣ движеніе луны гораздо сложнее, чѣмъ мы предполагали до сихъ поръ. Луна описываетъ вокругъ земли не кругъ, но очень неправильную линію, причемъ бываетъ не на одинаковомъ разстояніи отъ земли. Изучить точно движеніе луны—задача очень трудная; но пока не разрѣшили удовлетворительно этой задачи, нельзя было точно предсказывать и затмений. Рѣшить эту задачу удалось только послѣ того, какъ великій англійскій ученый Исаакъ Ньютонъ открылъ причину самаго движенія луны. Это было одно изъ самыхъ великихъ и важныхъ открытій въ наукѣ, и на немъ слѣдуетъ остановиться.

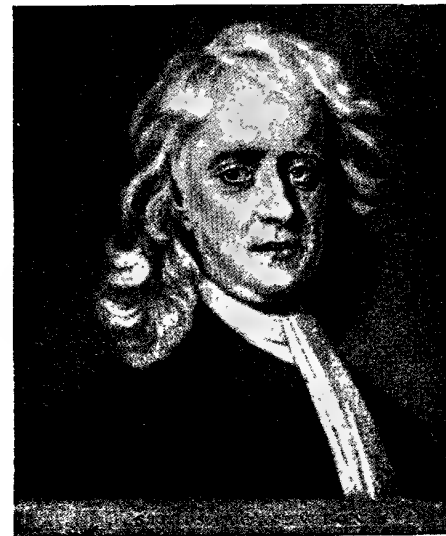


Рис. 18. Ньютонъ.

Ньютонъ хорошо знаетъ, что движеніе луны, какимъ мы его наблюдаемъ, не можетъ существовать безъ особой причины. Зналъ онъ это изъ того, что ранѣе его открыли великіе ученые Галилей и Гюйгенсъ. Дѣло въ томъ, что движеніе луны происходитъ по кривой линіи, а такое криволинейное движеніе не можетъ происходить безъ какой-нибудь причины, которая его произ-

водить. Когда мы толкнемъ на ровной площадкѣ шаръ и не будемъ его дальше трогать, онъ покатится по прямой линіи, пока не остановится. Чѣмъ глаже площадка, чѣмъ лучше выточенъ шаръ, тѣмъ дольше онъ катится. Если бы площадка была безъ всякихъ неровностей, если бы шаръ былъ выточенъ совершенно точно и если бы еще не было воздуха, который мѣшаетъ все-таки движенію, то шаръ вѣчно катился бы по прямой линіи и всегда съ одною и тою же скоростью. Значить, можно высказать такой законъ: всякое движущееся тѣло, предоставленное самому себѣ и не испытывающее толчковъ и встрѣчныхъ препятствій, должно двигаться прямолинейно и равномерно, никогда не останавливаясь. Это—законъ инерціи, открытый Галилеемъ. Если же мы пожелаемъ, чтобы шаръ нашъ двигался по кривой линіи, на примѣръ, по кругу, то мы должны будемъ постоянно сталкивать его съ прямого пути, постоянно измѣнять направленіе его движенія какимъ-нибудь боковыми толчками или посредствомъ какой-

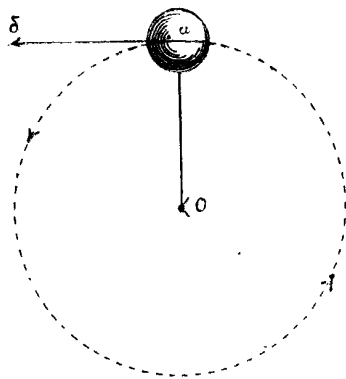


Рис. 19. Круговое движеніе шара.

нибудь другой причины. Можно, на примѣръ, привязать шаръ на нити къ гвоздю O , вбитому въ площадку (см. рис. 19). Тогда, толкнувъ шаръ, мы заставимъ его двигаться по кругу. Если при круговомъ движеніи шара внезапно перерѣзать нить, то мы увидимъ, что шаръ покатится по прямой линіи ab , и эта прямая бу-

детъ касательная къ кругу, который шаръ описывалъ раньше. Значить, самъ по себѣ шаръ опять-таки стремится двигаться по прямой линіи, но какая-то причина, какая-то сила сталкиваетъ его все время, въ каждое мгновеніе съ этого пути и заставляетъ двигаться по кругу. Сила эта—натяженіе нити, которое иногда бываетъ такъ сильно, что нить не выдерживаетъ и рвется. Отсюда видно, что криволинейное движеніе не можетъ произойти безъ причины, безъ какой-нибудь силы, которая заставляетъ тѣло въ каждое мгновеніе сходить съ прямого пути по линіи, касательной къ кривой, которую тѣло описываетъ.

Луна движется по кривой линіи, значить, и ея движеніе производится какою-то особою причиною, какою-то неизвѣстною силой. Вотъ Ньютонъ и задумался надъ вопросомъ, что это за сила. Эта сила все время удерживаетъ центръ луны почти на одинаковомъ разстояніи отъ центра земли. Если бы не было этой силы, или если бы она вдругъ прекратила свое дѣйствіе, центръ луны сталъ бы двигаться по прямой, касательной къ круговой почти орбитѣ луны, и сталъ бы удаляться отъ земли, подобно шару на рис. 19, который станетъ удаляться по касательной ab отъ гвоздя O , если перерѣзать нить. Послѣ нѣкоторыхъ размышленій и вычисленій Ньютону стало ясно, что какая-то сила постоянно, въ каждое мгновеніе приближаетъ центръ луны къ центру земли, толкаетъ его съ прямой (касательной) линіи къ этому центру. Что же это за сила и какъ она дѣйствуетъ?

Есть на землѣ сила, которая заставляетъ всѣ тѣла двигаться къ центру земли. Эта сила—тяжесть. Всѣ знаютъ, что отъ тяжести всѣ тѣла падаютъ на землю; если тѣло просто выпущено изъ рукъ надъ

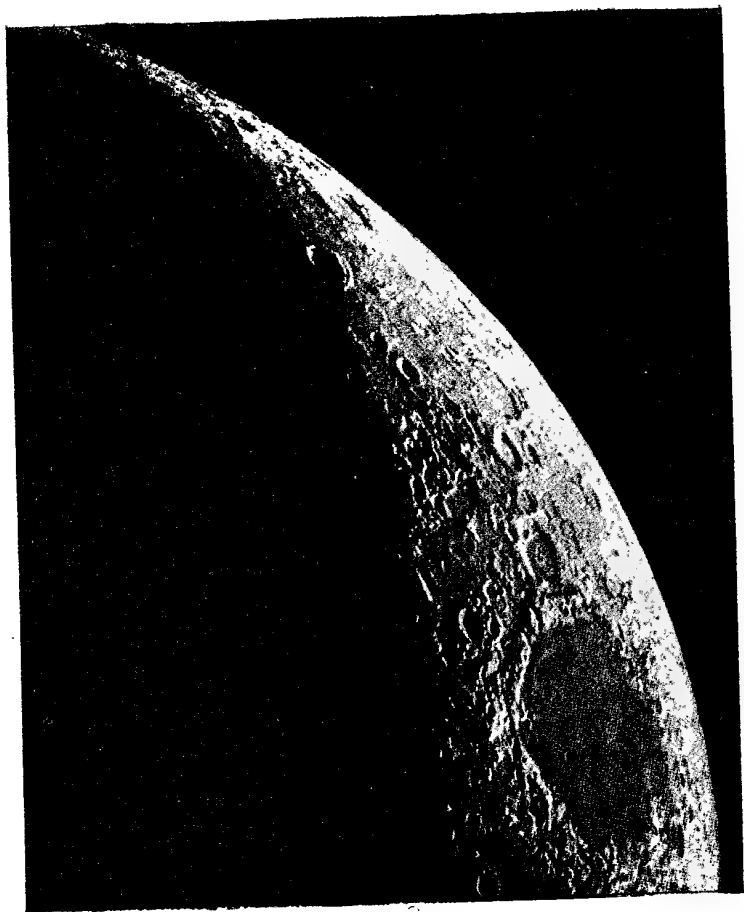


Рис. 23. 1-й. Лунныя горы.

дѣлѣ выходить, что плотность вещества луны равна только $\frac{5}{8}$ плотности вещества земли (надо 50 раздѣлить на 80!).

Уже невооруженный глазъ замѣчаетъ на лунѣ темныя пятна. Въ телескопѣ обнаруживается много очень любопытныхъ подробностей въ устройствѣ лунной поверхности. Наиболѣе интересны на лунѣ горы, т.-е. возвышенности. Лучше всего наблюдать ихъ около первой или послѣ последней четверти на границѣ

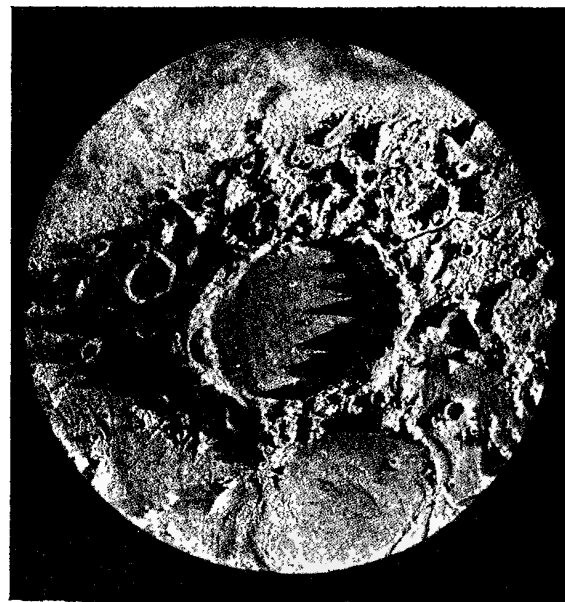


Рис. 26. 2-й. Лунныя горы.

свѣта и тѣни, когда горы освѣщаются солнцемъ сбоку и отбрасываютъ тѣни (около новолунія). Въ полполуціе горы видны не такъ хорошо, такъ какъ свѣтъ солнца падаетъ сверху, и тѣней почти нѣтъ. Слѣдующій рисунокъ 26 изображаетъ видъ лунныхъ горъ. Онъ показываетъ, что лунныя горы не похожи на земныя горы. Онѣ все имѣютъ почти пра-

вильную круглую форму и по нѣкоторому сходству съ отверстіями нашихъ вулкановъ названы были кратерами. По рисунку ясно видно, что лунная гора представляетъ собою круглый валь; діаметръ этого вала бываетъ въ нѣсколько верстъ, но иногда доходить почти до 300 верстъ. По длинѣ тѣни вала на окружающей лунной поверхности можно заключить, что высота вала доходить до нѣсколькихъ сотенъ саженъ, а инныя горы вздымаются и на нѣсколько верстъ. Внутренность вала имѣть форму какъ бы громадной

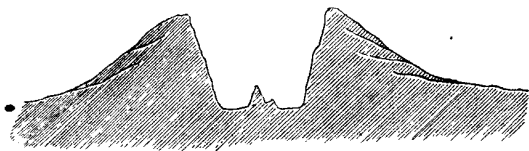


Рис. 27. Строеіе лунной горы.

чаши, и дно этой чаши кажется плоскимъ. Только въ центрѣ бываютъ видны нерѣдко одно или нѣсколько возвышеній въ формѣ конусовъ. Дно часто бываетъ ниже опущено, чѣмъ поверхность луны, окружающая валь; поэтому лунная гора имѣетъ видъ, изображенный на рисункѣ 27. Лунныя горы нерѣдко тянутся мощными цѣпями; особенно много горныхъ цѣпей въ южной части видимой поверхности луны.

Горныя цѣпи и вся поверхность луны перерѣзываются длинными темными бороздами, хорошо видными на рисункѣ 28, изображающемъ лунный Апеннинскій хребетъ. Эти борозды, вѣроятно, суть трещины на поверхности луны, очень широкія и глубокія. Происходятъ эти трещины, вѣроятно, отъ большой разницы въ нагрѣваніи и охлажденіи лунной поверхности. Мы увидимъ дальше, что распредѣленіе температуры дня и ночи на лунѣ совершенно иное, чѣмъ на землѣ,

и что на лунѣ должна быть громадная разница въ температурахъ дня и ночи.

Кромѣ темныхъ полосъ, на лунѣ замѣчаются еще свѣтлыя полосы, видныя хорошо въ полнолуніе и рас-



Рис. 28. Апеннинскій хребетъ. Борозды.

ходящаяся иногда лучами отъ отдѣльныхъ горъ. Рисункъ 29 изображаетъ одну такую гору — Тихо, окруженную свѣтлыми полосами. Что представляютъ собою свѣтлыя полосы, еще не выяснено.

Прежде думали, что свѣтлыя пятна на лунѣ—материки, темныя — моря. Но это невѣрно, такъ какъ на лунѣ нѣтъ ни воды, ни воздуха. Если бы на лунѣ была въ изобиліи вода или какая-нибудь другая жид-



Рис. 29. Гора Тахо и свѣтлая полоса.

кость, то она испарилась бы отъ нагрѣванія солнцемъ и образовала бы атмосферу паровъ, подобную нашей воздушной атмосферѣ. Что на лунѣ нѣтъ такой атмосферы, видно вотъ изъ чего: когда луна, двигаясь по небосводу, закрываетъ отъ насъ какую-нибудь звѣзду,

звѣзда внезапно скрывается за краемъ луны и внезапно изъ-за другого края появляется. При этомъ исчезновеніе и появленіе звѣзды случается какъ разъ въ тѣ моменты, которые можно предсказать напередъ, вычисляя движеніе луны. Если бы на лунѣ была довольно плотная атмосфера, то лучи звѣзды преломлялись бы въ ней, измѣняли бы свое направленіе; звѣзда померкала бы постепенно и исчезала бы позже, а появлялась раньше, чѣмъ предсказано вычисленіемъ. Поэтому, если на лунѣ и есть какая-нибудь атмосфера, то крайне рѣдкая и незначительная. Отсюда видно, что и жизнь на лунѣ невозможна, по крайней мѣрѣ, такая жизнь, которую мы наблюдаемъ на земномъ шарѣ. Точно также на поверхности луны не можетъ происходить такихъ измѣненій, которыя производятся на землѣ измѣненіями погоды и движеніемъ воды. Всѣ тѣла на лунѣ только разогрѣваются и остываютъ, смотря по тому, появляется ли надъ ними солнце или оно исчезаетъ. Отъ этого могутъ происходить измѣненія, можетъ-быть, довольно значительныя, но незамѣтныя для насъ при большомъ разстояніи. Только черезъ громадныя промежутки времени могутъ отъ этой причины образоваться громадныя измѣненія, вродѣ длинныхъ и широкихъ темныхъ бороздъ (трещинъ). Значитъ, мы должны считать луну мертвымъ, однообразнымъ, какъ бы навѣки застывшимъ міромъ, лишеннымъ воды, воздуха и жизни. Этому міру незнакомы постоянныя перемѣны погоды, движенія воды и воздуха, вѣтры, грозы, бури, дождь и снѣгъ,—однимъ словомъ, всѣ тѣ явленія, которыя такъ разнообразно смѣняются ежедневно на поверхности земли.

Но зато разница въ температурѣ дня и ночи на поверхности луны, вѣроятно, громадна. Смѣна дня и ночи на лунѣ, какъ и на землѣ, происходитъ отъ вращенія

луны вокруг своей оси, только вращение это болѣе медленно, чѣмъ у земного шара. Что луна дѣйствительно вращается на оси, видно изъ того, что въ телескопъ мы всегда видимъ одинъ и тотъ же видъ, одну и ту же сторону лунной поверхности. Если бы луна не вращалась, то этого не могло бы быть, и мы видѣли бы постепенно всю поверхность луны. Это ясно изъ рисунка 30. Пусть въ положеніи

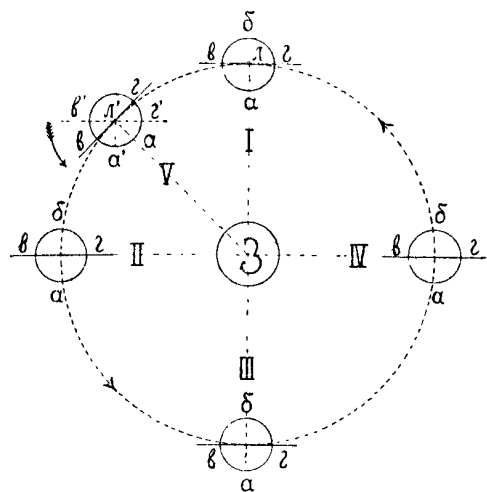


Рис. 30. Вращеніе луны на оси.

положеніи II въ срединѣ видной намъ стороны луны мы имѣли бы уже не точку *a*, но точку *z*, въ положеніи III — точку *b*, въ положеніи IV — точку *v*, и такимъ образомъ постепенно наблюдали бы всю лунную поверхность. Но мы, какъ оказывается, видимъ всегда одну и ту же сторону поверхности луны (*aa*). Это можетъ произойти только потому, что луна вращается и притомъ такъ, что полный оборотъ вокругъ

I видная намъ половина поверхности луны есть *aaa* (здѣсь линія *aa* перпендикулярна къ лучу зрѣнія *Za*), а не видная — *bbb*. Посрединѣ видной намъ части луны мы имѣли бы точку *a*. Если бы луна не вращалась, то линія *aa* при ея движеніи не измѣняла бы своего направления, пере-

оси она совершаетъ точно въ тотъ же промежутокъ времени, въ который оборачивается вокругъ земли, т.-е. въ $27\frac{1}{3}$ сутокъ. Дѣйствительно, если это такъ, то послѣ перехода въ положеніе V изъ положенія I линія *aa* должна выйти изъ прежняго направленія *aa'* и повернуться на уголъ *aa'v*, равный углу поворота луны вокругъ земли, *ZZ'*, и потому точка *a* окажется не въ *a'*, не на линіи *aa'*, параллельной *aa*, но на линіи *ZZ'*, перпендикулярной къ *av*, т.-е. опять въ срединѣ видной наблюдателю стороны лунной поверхности. Итакъ, луна вращается вокругъ своей оси въ $27\frac{1}{3}$ сутокъ. Такъ какъ луна движется еще и вмѣстѣ съ землею вокругъ солнца, то каждая точка лунной поверхности поворачивается на полный оборотъ относительно солнца лишь въ $29\frac{1}{2}$ сутокъ (въ тотъ же промежутокъ времени, въ который возвращаются новолунія). Поэтому въ каждомъ мѣстѣ лунной поверхности, за исключеніемъ нѣкоторыхъ мѣстъ, близкихъ къ полюсамъ луны (т.-е. къ концамъ лунной оси вращенія), «день» и «ночь», т.-е. свѣтлое и темное время, должны длиться почти по 15 сутокъ. Если принять еще въ расчетъ, что на лунѣ нѣтъ, какъ на землѣ, атмосферы, которая, съ одной стороны, умѣряетъ дѣйствіе солнечныхъ лучей, съ другой — задерживаетъ теплоту земной поверхности, не позволяетъ ей быстро излучаться въ холодное окружающее пространство, то мы поймемъ, что на лунѣ разница въ температурѣ дня и ночи должна быть очень велика, можетъ-быть, до 250 градусовъ по нашему обыкновенному термометру (градуснику) Реомюра. Отъ этой огромной разницы въ нагреваніи и въ охлажденіи лунной поверхности и могутъ происходить трещины, которыя представляются тамъ въ видѣ темныхъ бороздъ.

Но можно спросить, почему же на лунѣ наблюдается такое странное согласіе времени оборота вокругъ оси съ временемъ оборота вокругъ земли? Отчего произошло такое странное совпаденіе? Что это совпаденіе не случайно, видно изъ того, что вокругъ земли луна вращалась не съ одинаковой скоростью во всѣ времена. Пыль она очень медленно ускоряетъ свое движеніе, а черезъ тысячелѣтія вновь будетъ замедлять его. Значитъ, время оборота вокругъ оси тоже не можетъ быть всегда одно и то же, оно должно измѣняться вмѣстѣ съ измѣненіемъ времени оборота вокругъ земли, приспособляясь къ этому времени. Это интересное явленіе хорошо объясняется, если предположить, что луна была прежде въ расплавленномъ, въ огненножидкомъ состояніи. Тогда отъ притяженія земли на поверхности луны должны были происходить приливы расплавленной массы, подобно тому какъ на землѣ происходятъ приливы океана отъ притяженія луны. Эти приливныя волны должны были задерживать вращеніе луны вокругъ оси и постепенно приве-

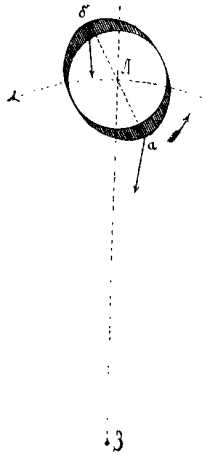


Рис. 31. Объясненіе закона вращенія луны.

сти его къ полному согласію съ вращеніемъ луны вокругъ земли. Дѣйствительно, пусть на рис. 31 луна .L вслѣдствіе притяженія земли приняла сплюснутую форму, такъ что вокругъ центрального шарообразнаго ядра (незачерченнаго) образовалось какъ бы кольцо, кора *аб*. Положимъ, что луна вначалѣ вращалась на оси быстрѣе, чѣмъ обращалась вокругъ земли, и потому линія *аб* разошлась съ линіей 3.7. Тогда земля З будетъ сильнѣе притягивать часть кольца *а*, которая къ ней

ближе, чѣмъ часть *б*, которая отъ нея дальше, и будетъ поворачивать луну въ обратную сторону, чѣмъ она вращается вокругъ оси, будетъ, значитъ, задерживать вращеніе, уменьшать его скорость. И такъ какъ луна застыла въ такомъ сплюснутомъ видѣ, то земля и всегда будетъ приводить время вращенія луны вокругъ оси и время ея оборота вокругъ земли къ полному равенству между собою.

Прежнее расплавленное состояніе довольно хорошо объясняетъ намъ круглую форму лунныхъ горъ и

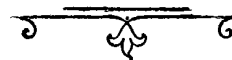


Рис. 32. Пронсхождение лунныхъ горъ.

вообще нѣкоторыя подробности въ ихъ строеніи. Луна застыла не сразу. Вначалѣ на ней появилась тонкая болѣе твердая кора, внутри же долго еще клочкотала горячая расплавленная масса. Эта масса попрежнему прилиwała къ корѣ вслѣдствіе земнаго притяженія, прорывала кору, вначалѣ еще тонкую и не твердую, производила въ корѣ отверстія и изливалась наружу, оставляя по краямъ отверстія валъ, какъ это изображено на рис. 32. Дно же отверстія, застывая, опускалось ниже, чѣмъ наружная поверхность коры. Это дно остывало неравномѣрно. Края дна должны быть при освѣщеніи солнцемъ въ тѣни больше, чѣмъ середина, и потому середина остывала медленнѣе, корка тамъ утолщалась меньше, и внутренняя расплавленная масса могла выдавить посрединѣ дна нѣсколько возвышеній въ видѣ конусовъ.

Теперь мы можем отвѣтить на вопросъ, что такое луна? Это — застывшее темное шарообразное тѣло, совершенно безжизненное и мало измѣняющееся, такъ какъ на лунѣ нѣтъ ни воды, ни воздуха. Надъ луною нѣтъ голубого неба: все окружающее пространство — совершенно черное, темное. На этомъ совершенно черномъ небѣ ярко блестятъ звѣзды и солнце, которые никогда не скрываются за туманомъ или за тучами. Земля съ луны кажется вчетверо больше, чѣмъ луна съ земли, и когда земля, для воображаемаго наблюдателя на лунѣ, стоитъ противъ солнца, т.-е. освѣщена вполне (какъ луна въ полнолуніе), то она кажется медленно вращающимся глобусомъ, на которомъ даже невооруженный глазъ смогъ бы отличить моря и материкъ. Весь небосводъ вращался бы для луннаго наблюдателя въ 27 разъ медленнѣе, чѣмъ для земного наблюдателя. Когда у луннаго наблюдателя наступала бы ночь, которая длится на лунѣ почти 15 сутокъ, то онъ былъ бы погруженъ въ глубокий мракъ, если бы надъ его горизонтомъ не появлялась земля, льющая на луну свѣтъ, подобный лунному, только гораздо болѣе обильный, и если еще не считать слабого свѣта звѣздъ. Лишь постепенно къ концу ночи появляются первыя лучи солнца, загораясь вначалѣ на вершинахъ горъ. Зари утренней и вечерней не бываетъ на лунѣ, такъ какъ тамъ нѣтъ атмосферы, производящей зарю, и солнце появляется надъ горизонтомъ внезапно, заливая лунную поверхность ослѣпительно-яркимъ свѣтомъ. Затѣмъ солнце постепенно поднимается надъ горизонтомъ: послѣ сильнѣйшей ночной стужи наступаетъ нестерпимо жаркій полдень, а затѣмъ солнце очень медленно начинаетъ склоняться къ закату, пока не скроется черезъ 15 дней почти послѣ своего восхода.

Прибавьте сюда полное отсутствіе вѣтра, отсутствіе какого-либо движенія, полнѣйшую тишину, — такъ какъ на лунѣ нѣтъ воздуха, который передавалъ бы звуки, — отсутствіе жизни, и вы получите нѣкоторое понятіе о холодной безжизненной планетѣ-спутникѣ, которую мы называемъ луною и на поверхности которой всѣ перемѣны происходятъ только отъ ея вѣчнаго вращенія вокругъ своей оси и вокругъ земли, уносящей луну въ своемъ годовомъ движеніи вокругъ солнца.



О С О Л Н Ц Ъ.

О солнцѣ.

Если спросить каждого изъ насъ, какое изъ небесныхъ свѣтилъ мы считаемъ наиболѣе важнымъ для обитателей земли, то, можно думать, каждый назоветъ солнце. Еще древніе народы, въ томъ числѣ и наши предки, славяне, почитали солнце за бога, поклонялись ему и строили ему храмы; славяне же правильно называли солнце «Даждь-богомъ», т.-е. божествомъ, дающимъ жизнь и земныя блага. Значитъ, еще древніе народы, очень мало знавшіе природу и ея законы, все-таки убѣждены были, что жизнь на землѣ находится въ тѣсной, глубокой зависимости отъ свѣта и тепла солнечныхъ лучей. Но только въ самое послѣднее время наиболѣе развитымъ и образованнымъ народамъ новаго времени удалось хорошо разяснить эту глубокую связь жизни на землѣ и силы солнечныхъ лучей, понять, въ чемъ она состоитъ, хотя сама по себѣ эта связь прямо бросается въ глаза; всѣмъ ясно, что безъ солнца жизнь на землѣ прекратилась бы и земля застыла бы въ вѣчномъ мракѣ и холодѣ. Познакомимся нѣсколько съ работою солнечныхъ лучей.

Мы теперь хорошо знаемъ, почему на земномъ шарѣ имѣются разныя по климату страны: жаркія, умѣренныя и холодныя. Во второмъ изъ нашихъ очерковъ было подробно объяснено, что климаты странъ зависятъ

отъ различнаго количества тепла, которое получаютъ различные пояса земной поверхности въ разное время года; количество тепла зависитъ отъ различной продолжительности дней и ночей и отъ неодинаковой высоты, на которую солнце въ данномъ мѣстѣ поднимается въ полдень. Отъ различія же въ климатѣ зависитъ богатство или бѣдность растительной и животной жизни въ извѣстномъ поясѣ: жаркій поясъ получаетъ больше всего тепла, — и жизнь тамъ наиболѣе богата и разнообразна: холодные пояса обдѣлены тепломъ — и жизнь тамъ такъ скудна, что ее едва замѣтно.

Далѣе, теперь извѣстно, что почти всѣ движенія, которыя можно наблюдать на поверхности земного шара, работа всѣхъ почти силъ, которыя дѣйствуютъ кругомъ насъ на землѣ, зависятъ отъ силы солнечныхъ лучей. Возьмемъ, на примѣръ, движеніе воздуха — вѣтеръ, движущій крылья нашихъ вѣтряныхъ мельницъ, производящій могучія морскія теченія, а иногда превращающійся въ ураганъ или смерчъ, — въ громадную силу, которая сметаетъ все на своемъ пути, разрушаетъ иногда цѣлые города. Какова причина вѣтра? Причина эта — различное нагрѣваніе солнцемъ различныхъ частей воздуха. Отъ различнаго нагрѣванія воздухъ бываетъ болѣе тяжелъ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ онъ менѣе нагрѣтъ, и потому течетъ въ тѣ мѣста, гдѣ онъ болѣе нагрѣтъ и болѣе легокъ. Чѣмъ больше разница въ вѣсѣ или, какъ говорятъ, въ давленіи воздуха, тѣмъ сильнѣе теченіе, тѣмъ сильнѣе вѣтеръ. Значитъ, сила вѣтра, этого великаго двигателя, происходитъ отъ теплоты солнечныхъ лучей. Обратимъ теперь наше вниманіе на другую великую силу — силу движенія воды, на работу нашихъ рѣкъ и океановъ. Мы ежедневно наблюдаемъ вокругъ себя эту

великую, громадную работу, видимъ, какъ постепенно рѣки размываютъ сушу, прорѣзаютъ даже въ твердыхъ горныхъ породахъ глубокія ущелья и долины, силою своего теченія отрываютъ и измельчаютъ части этихъ породъ и сносятъ огромныя количества камней и песку въ озера, моря и океаны. Въ устьяхъ рѣкъ годъ отъ году образуются громадные песчаные наносы, въ иныхъ мѣстахъ рѣка ежегодно какъ бы отвоевываешь у моря



Рис. 33. Ураганъ.

по нѣскольку верстъ суши, но зато и море, въ другихъ мѣстахъ, неустанною работой своихъ волнъ размываетъ берега и отрываетъ отъ нихъ, сносить на дно свое огромное количество песку и камней. Какова же причина движенія воды въ рѣкахъ, что питаетъ ихъ водою, которая вѣками и тысячелѣтіями льется въ моря и океаны и не изсякаетъ? Эта причина — опять-таки сила солнечнаго тепла. Солнечные лучи своимъ

нагрѣваніемъ производить «великій круговоротъ воды» на земномъ шарѣ. Огромная водная поверхность океановъ нагрѣвается лучами солнца, вода превращается въ паръ, который легче воздуха и потому поднимается вверхъ, въ тѣ слои воздуха, которые легче нижнихъ слоевъ, и гдѣ поэтому паръ можетъ держаться, не поднимаясь уже выше. Эти болѣе высокіе слои холоднѣе нижнихъ; поэтому водяной паръ сгущается тамъ въ капельки (какъ паръ отъ самовара на холодномъ стеклѣ), образуетъ туманъ и облака. Эти-то капли водяного, сгущеннаго пара и падаютъ затѣмъ на землю въ видѣ дождя и снѣга. Скатываясь съ вершинъ горъ и холмовъ въ долины, эти капли постепенно образуютъ ручьи, малые и большіе рѣки и возвращаютъ въ море большую часть испарившейся съ его поверхности воды; часть же воды остается на вершинахъ наиболѣе высокихъ горъ въ видѣ снѣга и льда, образуетъ громадные ледники, которыми и питаются многія большіе рѣки. Нѣкоторая часть испарившейся воды постоянно остается въ воздухѣ; вмѣстѣ съ воздухомъ частицы водяного пара проникаютъ въ рыхлую почву, гдѣ сгущаются въ воду и съ просочившейся дождевой водой образуютъ въ пустотахъ цѣлыя водоемы, а затѣмъ гдѣ-нибудь выбѣгаютъ на поверхность земли въ видѣ ключей и родниковъ. Такъ и идетъ изо дня въ день, изъ года въ годъ, изъ вѣка въ вѣкъ непрерывающійся великій круговоротъ воды на земномъ шарѣ, незамѣтно, понемногу размывая сушу и черезъ вѣка и тысячелѣтія совершенно измѣняя видъ земной поверхности. Объ этой великой, вѣчной работѣ воды и вѣтра на поверхности земли можно прочесть въ книжкахъ А. Н. Нечаева: «Работа вѣтра», «Работа льда», «Работа под-земной воды», «Работа моря».

Посмотримъ теперь, насколько жизнь растенія и жизнь животнаго зависятъ отъ свѣта и тепла солнечныхъ лучей. Какъ живетъ растеніе? Лишите его тепла и свѣта, и растеніе зачахнетъ, умретъ. Зимой на поляхъ отмираютъ цвѣты и травы, такъ какъ имъ не хватаетъ тепла; если выращивать растеніе въ теплѣ, но безъ свѣта, оно вырастетъ чахлымъ и безцвѣтнымъ, его листья будутъ блѣдными, а не зелеными. Это потому, что безъ тепла и свѣта растеніе не можетъ питаться. А питается оно не только веществами, которыя корни его сосутъ изъ почвы, но и особымъ веществомъ углеродомъ, которое листья растений извлекаютъ изъ воздуха. Въ воздухѣ имѣется довольно значительное количество углекислоты — особаго газа, который тяжелѣе воздуха и который выдыхаютъ люди и животныя. Зеленые листья растений и устроены такъ, что подъ дѣйствіемъ солнечнаго тепла и свѣта могутъ разлагать углекислоту химически на ея составныя части: углеродъ (вещество, изъ котораго состоитъ обыкновенный уголь) и кислородъ — составную часть воздуха, которая служить для дыханія животныхъ и людей, которую они вдыхаютъ, чтобы затѣмъ выдохнуть уже углекислоту — газъ, негодный для дыханія. Углеродъ остается въ растеніи и служить ему для постройки его корней, стебля и листьевъ, а кислородъ освобождается, выходитъ сквозь поверхность листа наружу. Такимъ образомъ растенія питаются изъ воздуха углекислотой, которую выдыхаютъ животныя (и которая иногда выдѣляется прямо изъ земли), и этимъ очищаютъ воздухъ. Но производить такую работу безъ тепла и свѣта солнечныхъ лучей зеленые листья растений не могутъ; безъ солнца растенія не могли бы питаться, такъ какъ углеродъ составляетъ одну изъ главнѣйшихъ составныхъ частей ра-

стенія. Значить, можно сказать, что въ своихъ зеленыхъ листьяхъ и стебляхъ растенія какъ бы складываютъ постепенно огромные запасы силы солнечныхъ лучей. И въ послѣдствіи человѣкъ извлекаетъ изъ растеній эту силу прежде всего въ топливѣ. И теперь еще лѣса доставляютъ человѣку громадныя количества топлива, посредствомъ котораго онъ не только согреваетъ себя въ холодную пору года, но и приводитъ



Рис. 34. Каменноугольная эпоха.

въ движеніе свои машины, паровозы и пароходы. А было время, когда на землѣ росло громадное количество особыхъ растеній, древнихъ громадныхъ папоротниковъ, хвощей и плауновъ, которые отложили въ своихъ зеленыхъ листьяхъ огромные запасы солнечной силы и образовали каменный уголь. Это было очень давно, много тысячъ лѣтъ назадъ, въ каменно-

угольную эпоху. Растенія, изъ которыхъ образовался каменный уголь, и теперь можно разглядѣть въ немъ въ видѣ отпечатковъ листьевъ, вѣтвей и цѣлыхъ стволовъ. Этими растеніями были и теперь еще существующіе папоротники, хвощи и плауны, но только громадныхъ, саженныхъ размѣровъ (такіе большіе папоротники теперь растутъ только въ тропическихъ странахъ). Какъ и въ наши времена, они росли въ сырой, болотистой почвѣ, поглощая углекислоту изъ воздуха, которой, повидимому, тогда было больше, чѣмъ теперь; постепенно отмирая, растенія падали въ почву, образовали огромные пласты, подобно нынѣшнимъ пластамъ торфа въ болотахъ. Дальше почва постепенно опускалась, покрывалась моремъ; море отлагало постепенно пласты песку, известняка и другихъ породъ; пласты торфа уплотнились и образовали плотный, крупный каменный уголь, который въ послѣдствіи, вмѣстѣ со всѣмъ дномъ моря, подземныя силы выдвинули вверхъ, освободили отъ воды и сдѣлали доступнымъ человѣку.

Значить, работа нашихъ машинъ, питающихся топливомъ въ видѣ дровъ и каменнаго угля, есть не что иное, какъ работа солнечныхъ лучей, сила которыхъ запасена въ дровахъ и каменномъ углѣ. Силы животного, питающагося растеніями, а потому и силы человѣка, который питается и растеніями, и животными, ведутъ свое начало также отъ силы солнечныхъ лучей. Безъ силы солнечныхъ лучей не было бы на землѣ ни движенія, ни жизни, безъ этой великой силы не было бы и работы человѣческой мысли, которая изучаетъ природу, постигаетъ великую связь явленій и заставляетъ великія силы природы служить своимъ человѣческимъ цѣлямъ. Вотъ какъ велика и глубока зависимость всей жизни, всѣхъ силъ на землѣ отъ силы солнечныхъ лучей. Болѣе подробно объ этомъ можно прочесть въ

прекрасныхъ книгахъ К. А. Тимирязева: «Жизнь растений» и «Растеніе и солнечная энергія».

Что же такое солнце? Какимъ образомъ можетъ оно многія тысячи, вѣроятно, даже миллионы лѣтъ посылать на землю потоки тепла и свѣта—и не остынуть, не погаснуть? Чтобы отвѣтить на эти вопросы, прежде всего надо было узнать, какъ далеко отъ насъ и какъ велико солнце, надо было убѣдиться, что оно вовсе не таково по величинѣ, какимъ намъ кажется вслѣдствіе своего громаднаго разстоянія. Въ бесѣдѣ о лунѣ вы уже познакомились съ тѣмъ, какъ астрономы измѣрили разстояніе до луны. Подобными же и другими болѣе точными способами астрономы сумѣли измѣрить и разстояніе отъ земли до солнца. Оно оказалось громаднымъ—не менѣе 140 миллионовъ верстъ. Трудно даже представить себѣ, какъ велико это разстояніе. Если бы мы попробовали просто сосчитать вслухъ число 140 миллионовъ, не останавливаясь ни для сна, ни для отдыха, и считали по 200 въ каждую минуту, то и тогда намъ потребовалось бы 500 сутокъ. Поѣздъ, пробѣгающій 100 верстъ въ часъ, шелъ бы отъ земли до солнца почти 170 лѣтъ. Звукъ, проходящій версту въ 3 секунды, прошелъ бы разстояніе до солнца только въ 14 лѣтъ. Даже свѣтовому лучу, пробѣгающему 280 тысячъ верстъ въ секунду, требуется 8 минутъ и 18 секундъ, чтобы дойти отъ солнца до земли, такъ что, если бы солнце внезапно погасло, то мы увидѣли бы это черезъ 8 мин. 18 сек. Принимая въ расчетъ такое громадное разстояніе, мы должны заключить, что и величина солнца должна быть громадной, если даже на такомъ большомъ разстояніи оно кажется намъ достаточно большимъ, приблизительно такой же величины, какъ луна. Лунное разстояніе почти въ 400 разъ меньше солнечнаго; значитъ, по-

перечникъ солнца долженъ быть почти въ четыреста разъ больше поперечника луны и въ сто слишкомъ разъ больше поперечника земли, такъ какъ поперечникъ луны составляетъ больше четверти поперечника земли. Если подсчитать болѣе точно, то окажется, что поперечникъ или діаметръ солнца почти въ 110 разъ больше діаметра земного шара и содержитъ больше $1\frac{1}{3}$ миллиона верстъ. Солнце такъ велико, что если бы внутри его помѣстить шаръ, котораго діаметръ равнялся бы двойному разстоянію луны отъ земли, то, какъ показываетъ рис. 35, отъ поверхности этого шара до поверхности солнца оставалось бы почти еще столько же, сколько отъ центра обоихъ шаровъ до луны. Такъ какъ діаметръ солнца въ 110 разъ больше діаметра земли, то объемъ солнца выходитъ въ $110 \times 110 \times 110$ или въ $1\frac{1}{3}$ миллиона разъ больше объема земли.

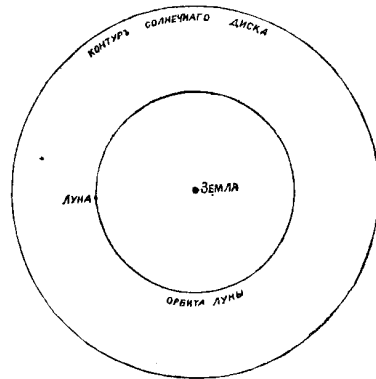


Рис. 35. Величина солнца.

Въ бесѣдѣ о лунѣ мы узнали, какъ астрономы высчитали, во сколько разъ луна вѣсила бы меньше земли, если бы ихъ можно было положить на чашки однихъ и тѣхъ же вѣсовъ, или, точнѣе говоря, во сколько разъ количество вещества или масса луны меньше массы земли (въ 80 разъ). Нѣсколько иными способами, о которыхъ будетъ сказано въ слѣдующей бесѣдѣ, астрономы сумѣли высчитать также, во сколько разъ масса солнца больше массы земного шара. Оказалось—въ 330 тысячъ разъ. Если припомнить, что объемъ солнца въ $1\frac{1}{3}$ миллиона разъ больше

объема земли, то придется заключить, что вещество, матерія, изъ которой состоитъ солнце, въ среднемъ, менѣе плотно, чѣмъ вещество земли. Если бы они были одинаковой плотности, то масса солнца, такъ же какъ и объемъ, была бы въ $11\frac{1}{3}$ милліона разъ больше массы земли, между тѣмъ она только въ 330 тысячъ разъ больше. Число 330.000 составляетъ приблизительно $\frac{1}{4}$ числа $11\frac{1}{3}$ милліона, значить, солнце вчетверо менѣе плотно, чѣмъ земля. Это—очень важный выводъ; онъ даетъ возможность судить о томъ, въ какомъ физическомъ состояніи находится вещество солнца — твердо оно, жидко или газообразно (какъ паръ и воздухъ).

Въ самомъ дѣлѣ, мы подсчитали, что плотность вещества солнца составляетъ только $\frac{1}{4}$ плотности вещества земли. Подсчитаемъ теперь, какова сила тяжести на солнцѣ, чтобы знать, съ какою силою верхніе слои солнечной массы давятъ на нижніе слои, лежащіе ближе къ центру солнца. Подсчитать это нужно, потому что, чѣмъ больше давленіе на вещество, тѣмъ оно дѣлается плотнѣе и изъ жидкаго можетъ стать твердымъ, изъ газообразнаго — жидкимъ или твердымъ. Количество вещества въ солнцѣ въ 330 тысячъ разъ больше, чѣмъ въ землѣ. Значить, если бы солнце, сохраняя то же количество вещества, было такой же величины, какъ земля, то оно на поверхности своей притягивало бы всѣ тѣла къ своему центру съ силою въ 330.000 разъ большею, чѣмъ мы видимъ это на поверхности земли. Но разстояніе отъ поверхности солнца до его центра въ 110 разъ больше разстоянія отъ поверхности земли до ея центра. Стало-быть, какъ мы знаемъ изъ бесѣды о луиѣ (стр. 35 и д.), притяженіе на поверхности солнца отъ этой причины должно стать въ 110×110 или около 12.000 разъ меньше. Значить, тѣла на поверхности

солнца будутъ вѣсить не въ 330.000 разъ больше, чѣмъ на поверхности земли, но только въ 330.000, дѣленное на 12.000, разъ, т.-е. все-таки въ $27\frac{1}{2}$ разъ. Поэтому человѣкъ, вѣсящій на землѣ 4 пуда, на солнцѣ вѣсилъ бы 110 пудовъ и былъ бы раздавленъ собственной тяжестью. Отсюда видно, съ какою громадною силою верхніе слои солнечной массы должны давить на нижніе. Теперь спрашивается, въ какомъ же физическомъ состояніи должно находиться вещество солнца, чтобы при такомъ громадномъ давленіи могла удержаться плотность, вчетверо меньшая, чѣмъ плотность земли? Астрономы высчитали, что земной шаръ, въ среднемъ, въ $5\frac{1}{2}$ разъ плотнѣе воды, т.-е. если бы земной шаръ былъ весь изъ воды, то онъ вѣсилъ бы въ $5\frac{1}{2}$ разъ меньше, чѣмъ вѣситъ на самомъ дѣлѣ. Значить, солнце, которое вчетверо менѣе плотно, чѣмъ земля, имѣетъ плотность, въ среднемъ, почти равную плотности воды. Отсюда приходится непременно заключить, что если солнце состоитъ изъ тѣхъ же веществъ, какъ и земля, то почти вся его масса должна находиться въ состояніи пара или газа; только на поверхности солнца пары могутъ отъ охлажденія сгущаться въ жидкость. Если бы это было не такъ, если бы, напримѣръ, желѣзо и другія вещества были на солнцѣ въ жидкомъ состояніи, то громадное давленіе уплотнило бы жидкость такъ сильно, что солнце было бы во много разъ плотнѣе земли. А что въ солнцѣ имѣются тѣ же вещества, какъ и въ землѣ, что въ немъ, напримѣръ, несомнѣнно, имѣется желѣзо, объ этомъ еще будетъ рѣчь дальше. Разъ такія вещества, какъ желѣзо, находятся на солнцѣ въ состояніи пара, то это значить, что на солнцѣ и внутри его господствуетъ сильнѣйшій жаръ, страшно высокая температура.

Вотъ къ какимъ интереснымъ выводамъ можно придти, зная только разстояніе, величину солнца и его массу по сравненію съ землей. И это — самое достовѣрное изъ того, что мы знаемъ о солнцѣ, такъ какъ все сказанное выше основано на надежныхъ и довольно точныхъ вычисленіяхъ. Все, что мы скажемъ дальше, также весьма поучительно и важно для сужденія о томъ, что такое солнце, но уже не такъ точно и достовѣрно извѣстно. Мы будемъ говорить дальше о томъ, что видно на солнцѣ въ телескопъ, какъ узнали, изъ какихъ веществъ состоитъ солнце, а также о томъ, какъ и откуда получился тотъ огромный запасъ тепла и свѣта, которые солнце миллионы лѣтъ непрерывно изливаетъ на землю.

Въ телескопъ мы наблюдаемъ, конечно, только оболочку громаднаго солнечнаго шара и то, что ее окружаетъ. Эта оболочка и испускаетъ ослѣпительный бѣлый свѣтъ; онъ такъ яркъ и теплота солнечныхъ лучей такъ велика, что при наблюденіи солнца въ телескопъ глазное стекло трубы (окуляръ) должно быть непременно прикрыто темнымъ цвѣтнымъ стекломъ; въ противномъ случаѣ можно обжечь и сильно повредить глазные нервы и даже вовсе лишиться зрѣнія такъ какъ стекла телескопа, какъ и всякое увеличительное стекло, имѣютъ свойство собирать свѣтовые и тепловые лучи въ одну точку, въ которой и получается сильнѣйшее нагрѣваніе. Сила свѣта, испускаемаго солнечной оболочкой, дѣйствительно громадна. Съ нею можетъ сравниться только свѣтъ сильной электрической «дуги», находящейся между концами углей электрическаго фонаря. И все-таки самая яркая часть электрической дуги свѣтитъ въ 3—4 раза менѣе ярко, чѣмъ солнечная поверхность. Свѣтящаяся оболочка солнца носить у астрономовъ названіе фотосферы т.-е. свѣтящейся шаровой поверхности.

Въ телескопъ фотосфера солнца не кажется такой однообразно-яркой, какъ невооруженному глазу; у нея оказывается особенное зернистое строеніе, изображенное на рис. 36. Кажется, будто какія-то болѣе свѣтлыя зерна плаваютъ въ болѣе темной окружающей ихъ средѣ, подобно рисовымъ зернамъ, плавающимъ въ супѣ. При сильномъ увеличеніи эти зерна распадаются еще на болѣе мелкія зернышки. Но и самое

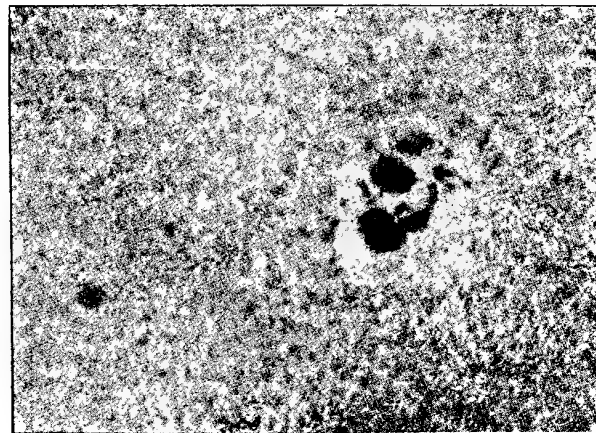


Рис. 36. Фотосфера солнца (съ пятнами).

мелкое изъ нихъ, доступное телескопу, бываетъ не менѣе 150 верстъ въ діаметрѣ. Эти именно зерна испускаютъ ослѣпительно бѣлый свѣтъ. По величинѣ они покрываютъ только $\frac{1}{5}$ часть поверхности солнца, но $\frac{3}{4}$ всего солнечнаго свѣта испускается ими, и только $\frac{1}{4}$ остается на долю болѣе темной окружающей ихъ среды. Зерна фотосферы не суть что-то неизмѣнное: они, несомнѣнно, мѣняютъ свою форму и величину и движутся съ огромными скоростями, до 1500 верстъ

въ часъ. Такъ какъ яркій бѣлый свѣтъ способны испускать обыкновенно только раскаленные жидкія и твердыя тѣла, газы же (если они не сильно сжаты) въ раскаленномъ даже состояніи даютъ болѣе слабый свѣтъ, то нужно предположить, что зерна фотосферы — это сгущенныя капли добѣла раскаленныхъ жидкихъ веществъ (напр., желѣза и др.), плавающія въ газообразной средѣ, подобно тому какъ капли сгущеннаго водяного пара, въ видѣ облаковъ, плаваютъ въ земной атмосферѣ. Вся вообще масса солнца находится въ сильно раскаленномъ газообразномъ состояніи; но поверхность солнца холоднѣе, чѣмъ внутренность солнца, и потому на поверхности газы и пары могутъ сгущаться въ жидкости.

Въ фотосферѣ часто встрѣчаются болѣе темныя мѣста — поры и пятна. Пятна на солнцѣ бываютъ иногда такъ многочисленны и велики, что ихъ можно видѣть даже невооруженнымъ глазомъ сквозь темное или закопченное стекло. Нѣкоторыя же пятна (поры) такъ малы, что въ телескопъ кажутся не больше мелкихъ зеренъ фотосферы. Какъ показываетъ рис. 37, пятно состоитъ изъ болѣе темной средней части, или тѣни, которая окружена болѣе свѣтлой каймой, или полутѣнью. Полутѣнь болѣе темна, чѣмъ окружающая фотосфера, и имѣетъ волокнистое строеніе, напоминающее какъ бы край соломенной крыши. Развившееся пятно обыкновенно имѣетъ округлую форму: ширина его достигаетъ иногда громадной величины, до 75 тысячъ верстъ. Не нужно, конечно, думать, что тѣнь пятна есть что-то совершенно темное. Измѣреніе силы свѣта тѣни показало, что она свѣтитъ въ 500 разъ сильнѣе полной луны; темною же тѣнь кажется только потому, что окружающая пятно фотосфера гораздо ярче. Пятна, какъ и зерна фотосферы, не представляютъ

собою чего-либо неизмѣннаго. Внутри ихъ постоянно происходятъ измѣненія и движенія съ такими же громадными скоростями, какъ у зеренъ фотосферы. До своей полной формы пятно развивается обыкновенно не сразу. Сначала въ фотосферѣ появляются поры и темныя мѣста, которыя постепенно образуютъ одно пятно. Пятно держится въ фотосферѣ, въ среднемъ, не



Рис. 37. Солнечное пятно.

больше двухъ-трехъ мѣсяцевъ, часто менѣе, изрѣдка долѣе, затѣмъ волокна полутѣни начинаютъ въ видѣ «мостовъ» перерѣзывать тѣнь, перепутываются между собою, и вскорѣ пятно совершенно исчезаетъ (см. рис. 38 и 39). Часто пятна появляются цѣлыми группами, которыя иногда соединяются въ одно пятно; иногда же, наоборотъ, одно пятно разбивается на нѣсколько пятенъ.

Кромѣ движеній внутри самихъ пятенъ, всѣ пятна участвуютъ еще въ особомъ движеніи, доказывающемъ,

что солнце есть шаръ и, какъ земля, вращается вѣкругъ нѣкоторой оси. Пятно показывается на восточномъ (лѣвомъ для насъ) краѣ солнечнаго шара въ

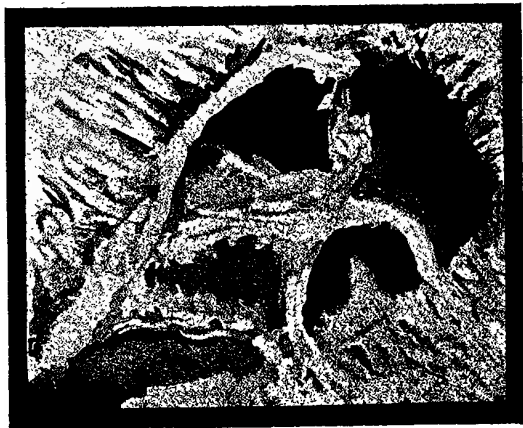
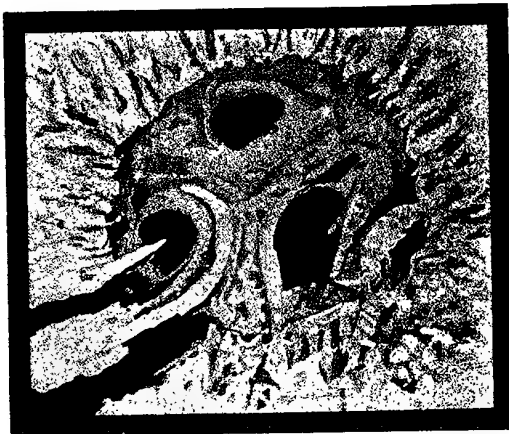


Рис. 38 и 39. Измѣненія внутри пятна.

видѣ узкой полоски; затѣмъ, передвигаясь постепенно къ западному краю, оно дѣлается шире и шире; черезъ 6 приблизительно сутокъ пятно дѣлается наиболѣе

широкимъ и тогда стоитъ посрединѣ видной намъ стороны солнца. Далѣе пятно двигается къ западному краю солнца и опять суживается, пока еще черезъ 6 сутокъ не скроется за западнымъ краемъ солнца. Всѣ эти измѣненія вида пятенъ изображены на рис. 40. Такія наблюденія надъ пятнами и показали, что солнце вращается вѣкругъ нѣкоторой оси вѣ теченіе приблизительно 25 сутокъ, такъ что иногда одно и то же пятно черезъ 25 сутокъ вновь показывается на восточномъ краѣ солнца. Вращеніе совершается вѣ томъ же направленіи, какъ вращеніе земнаго шара, т.-е. противъ движенія часовыхъ стрѣлокъ. Концы оси вращенія солнца, какъ и у земли, называется полюсами, а кругъ, проходящій по поверхности солнца на равномъ разстояніи отъ полюсовъ, называется солнечнымъ экваторомъ. Вращеніе солнца замѣчательно тѣмъ, что различные пояса его дви-



Рис. 40. Измѣненіе формы пятна вслѣдствіе вращенія солнца.

жутся съ различными скоростями. Именно, быстрѣе всего, вѣ 25 сутокъ обращаются пояса, близкіе къ солнечному экватору. Далѣе скорость вращенія уменьшается, причемъ вѣ среднихъ поясахъ между экваторомъ и полюсами время оборота увеличивается до 27 сутокъ, а вблизи полюсовъ, можетъ-быть, даже до 30 сутокъ. Такой законъ вращенія ясно доказываетъ, что солнце не можетъ быть твердымъ тѣломъ.

Самыя замѣчательныя явленія для солнечныхъ пятенъ слѣдующія. Во-первыхъ, пятна не появляются

всюду на поверхности солнца; существуют границы их распространения. Какъ показываетъ рис. 41, наибольшее количество пятенъ появляется въ поясъ между 10-мъ и 30-мъ градусами солнечной широты; пятна рѣдки въ поясъ возлѣ самого экватора и почти не встрѣчаются выше 30-го градуса сѣверной и южной широты солнца.

Другое, самое интересное явленіе въ жизни солнечныхъ пятенъ состоитъ въ томъ, что число ихъ и величина поверхности, которую они покрываютъ на солнцѣ, измѣняются периодически, т. е. увеличиваются и уменьшаются приблизительно черезъ равные промежутки времени. Именно, черезъ каждые 11 лѣтъ и 40 дней число пятенъ дѣлается наибольшимъ и черезъ такое же

время число ихъ падаетъ до наименьшаго; притомъ время наименьшаго числа падаетъ приблизительно посрединѣ между временами наибольшаго числа пятенъ и наоборотъ. Такъ, на примѣръ, наибольшее количество пятенъ было въ 1893, 1905, будетъ въ 1916, 1927 годахъ, а наименьшее количество было въ 1900, будетъ въ 1911, 1922 и 1933 годахъ.

Вліяетъ ли и какимъ образомъ количество пятенъ на погоду на земномъ шарѣ, сказать трудно, такъ какъ

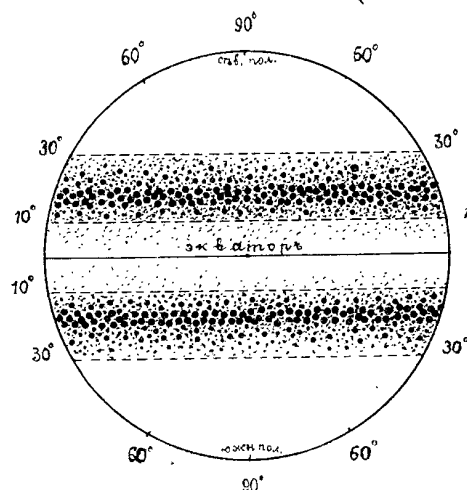


Рис. 41. Распространеніе солнечныхъ пятенъ.

погода зависитъ отъ слишкомъ многихъ причинъ. Но на нѣкоторыя явленія на поверхности земли солнечныя пятна, повидимому, вліяютъ. Такъ, на примѣръ, при наибольшемъ количествѣ пятенъ бываетъ наибольшее количество такъ называемыхъ сѣверныхъ сіяній («сполохи», которые хорошо знаютъ жители сѣверныхъ странъ) и наибольшее количество такъ назыв. магнитныхъ бурь, когда стрѣлки компасовъ внезапно начинаютъ двигаться, мѣнять свое направленіе.

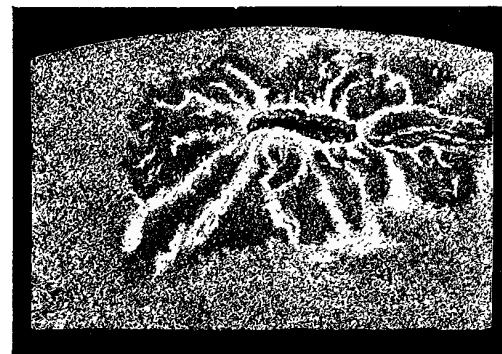


Рис. 42. Пятно, окруженное факелами.

Что такое представляютъ собою солнечныя пятна, какъ они образуются на поверхности солнца, гдѣ они зарождаются, въ самой ли фотосферѣ или выше ея, въ точности пока неизвѣстно. Еще того менѣе извѣстно, почему пятна появляются только въ извѣстныхъ поясахъ солнечной поверхности и почему они появляются периодически въ различномъ количествѣ.

Возлѣ пятенъ и въ областяхъ пятенъ очень часто можно наблюдать особые образованія, похожія на хлопья бѣлой пѣны. Это такъ называемые факелы (рис. 42). Они встрѣчаются и отдѣльно отъ пятенъ, притомъ по

всей солнечной поверхности, но у полюсовъ они по падаются все-таки рѣдко. Какъ показываютъ особаго рода изслѣдованія, о которыхъ будетъ рѣчь ниже, факелы суть не что иное, какъ огромныя массы газообразныхъ веществъ (водорода, кальція, магнія и др.). Эти массы или выбрасываются изнутри солнца вслѣдствіе собственнаго расширенія или плаваютъ, подобно нашимъ облакамъ, въ газообразной атмосферѣ солнца, окружающей фотосферу, какъ это мы увидимъ ниже.

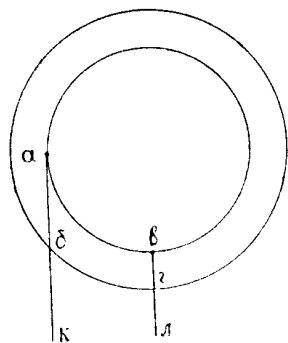


Рис. 43.

Что солнцу окружено значительной газообразной оболочкой, видно уже изъ того, что его края менѣе свѣтлы, чѣмъ середина. Если газообразная оболочка солнца дѣйствительно существуетъ, то лучи, идущіе отъ краевъ фотосферы, должны проходить сквозь болѣе толстый слой газовъ, чѣмъ лучи, идущіе изъ середины. На рис. 43 видно, что лучъ *ак*, идущій отъ края солнца *a*, проходитъ сквозь оболочку солнца болѣе длинный путь *аб*, чѣмъ лучъ *вл*, идущій отъ средней точки *в* и проходящій въ оболочкѣ болѣе короткій путь *вг*. Поэтому на краяхъ солнца лучи фотосферы болѣе задерживаются, «поглощаются» газообразной оболочкой, и края кажутся темнѣе середины солнечной поверхности.

Увидѣть въ телескопъ оболочку солнца и особые сопровождающіе ее придатки можно хорошо во время полнаго солнечнаго затмѣнія. Когда луна совершенно скроетъ отъ глазъ ослѣпительно блестящую фотосферу, то вокругъ совершенно чернаго шара луны показы-

вается огромныхъ размѣровъ сіяніе, въ которомъ можно отличить двѣ главныя части.

Одна часть, нижняя, ближайшая къ поверхности солнца, состоитъ изъ струй и потоковъ алаго пламени и, по выраженію астронома Ланглея, похожа съ виду на горящую степь. Это и есть, собственно, газообразная оболочка солнца, или хромосфера (цвѣтная оболочка). Высота этой оболочки—около 10 тысячъ верстъ, что составляетъ около $\frac{1}{70}$ доли солнечнаго

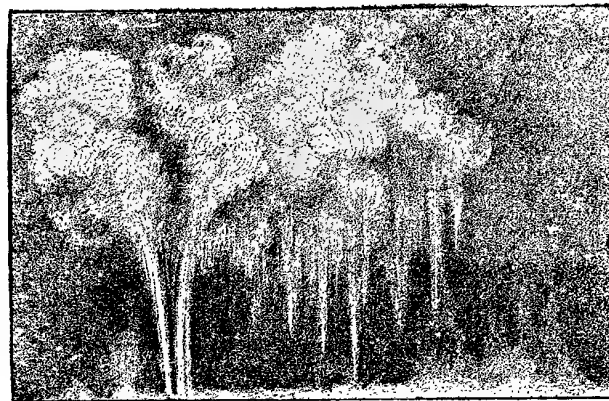


Рис. 44. Хромосфера.

радіуса. Видѣ части хромосферы представленъ на рис. 44. Свѣтъ ея самъ по себѣ слишкомъ слабъ въ сравненіи со свѣтомъ фотосферы, и потому при полномъ солнечномъ свѣтѣ ея не видно. Главную часть хромосферы составляютъ газы водородъ и гелій, пары углерода и нѣкоторыхъ металловъ: желѣза, магнія, кальція и др. Какъ это узнали, мы увидимъ дальше.

Сквозь хромосферу пробиваются струи и цѣлыя громадныя фонтаны розоватаго алаго пламени самыхъ разнообразныхъ формъ. Это—выступы или проту-

беранцы. Различают двѣ главныя формы выступовъ. Первая форма—облачные выступы (см. рис. 45). Они напоминаютъ своимъ видомъ наши облака и распространяются больше въ ширину, чѣмъ въ высоту. Они отличаются спокойнымъ состояніемъ и сравнительно дольше другихъ выступовъ держатся въ хромосферѣ и дольше сохраняютъ свою форму. Въ составъ ихъ входитъ, главнымъ образомъ, водородъ. Весьма вѣроятно, что эти выступы зарождаются въ хромосферѣ солнца подобно облакамъ въ земной атмо-

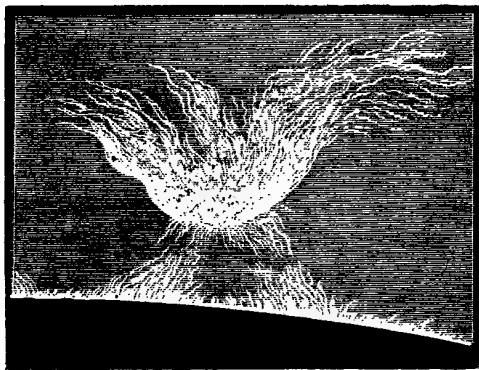


Рис. 45. Облачный выступъ.

сферѣ, но трудно сказать, какая сила поддерживаетъ ихъ въ хромосферѣ, такъ какъ сама хромосфера состоитъ, повидимому, изъ столь же легкаго вещества, какъ эти выступы. Очень возможно, какъ теперь и думаютъ, что ихъ поддерживаетъ отталкивающая сила солнечныхъ лучей или, точнѣе, сила давленія, сила толчковъ, производимыхъ движеніемъ особаго рода, неизвѣстнаго намъ, вещества: движенія этого вещества (эѳира) и сопровождаютъ, какъ думаютъ, явленія свѣта, теплоты и электричества. Вторая форма высту-

повъ называется изверженными выступами. Это явленіе отличается бурнымъ характеромъ, и по формѣ изверженные выступы напоминаютъ вихри, смерчи, языки и снопы пламени и т. п. Ихъ высота доходитъ иногда до 400 тысячъ верстъ (надъ фотосферой), т.-е. больше половины солнечнаго радіуса. Таковъ изверженный выступъ, изображенный на рис. 46 и наблюдавшійся 11 іюля 1892 года. Скорость передвиженія огромныхъ газовыхъ массъ въ этихъ выступленияхъ такъ велика, что достаточно бываетъ 30—40 минутъ, чтобы все явленіе началось и окончилось. Скорость эта должна достигать 400 верстъ въ секунду. Въ составъ этихъ изверженныхъ выступовъ входитъ водородъ и пары металловъ кальція, магнія и нѣкотор. др. Эти выступы, несомнѣнно, представляютъ собою бурныя изверженія громадной массы газовъ и паровъ, выбрасываемыхъ внутреннимъ ядромъ солнца сквозь фотосферу. Изверженіе можетъ происходить вслѣдствіе расширенія этихъ паровъ и газовъ подъ вліяніемъ высокой температуры, господствующей внутри солнечной массы.

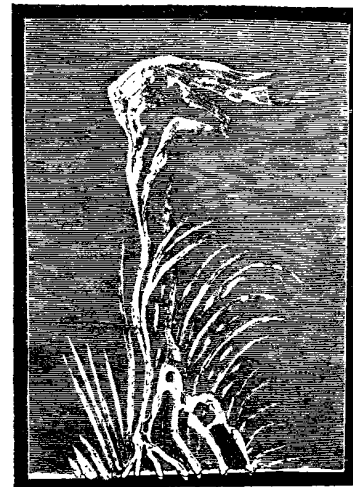


Рис. 46. Изверженный выступъ.

Выступы, какъ и факелы, встрѣчаются по всей поверхности солнца, но чаще всего въ областяхъ солнечныхъ пятенъ и рѣже всего возлѣ полюсовъ солнца. Это указываетъ, повидимому, что и пятна, и факелы, и

протуберанцы (выступы) производятся одними и теми же громадными силами, которые действуют внутри раскаленной массы газов и паров, составляющих солнечное ядро; но пятна образуются при некоторых особых условиях и потому встречаются только в определенных поясах солнечной поверхности.

Вторая часть оболочки солнца гораздо больше по размерам и имеет совершенно иное строение, чем хромосфера. Она состоит из нижних лучей слабого жемчужного света, длина которых простирается до $1\frac{1}{2}$ миллионов верст, т.-е. на величину солнечного диаметра. Это поразительно красивое сияние называется короной и принимает самые разнообразныя, прихотливыя формы. Понятие об этих формах дают рисунки 47 и 48, изображающие корону солнца в 1867 и 1868 годах. Замечено, что вообще лучи короны длиннее воле экватора, чем у полюсов солнца, т.-е. длиннее именно там, где наиболее напряженно действуют внутренния силы солнца. Почти несомненно, что в состав короны входит какое-то пылеобразное твердое вещество, так как свет ея оказывается отчасти одинаковым со светом фотосферы, который, надо думать, и отражается этим твердым веществом. Кроме того, найдено, что корона испускает еще лучи особого света, который происходит, вероятно, от свечения особого, неизвестнаго нам, газа. Но какия причины производят явление короны, вопрос пока еще весьма темный. Возможно опять-таки, что пылеобразное вещество, отраженный свет которого и производит, быть-может, это красивое явление, удерживается надъ поверхностью солнца отталкивательною силой солнечных лучей.

Посмотримъ теперь, какимъ же способомъ добыты свѣдѣнія о составѣ солнца, о веществахъ, изъ кото-

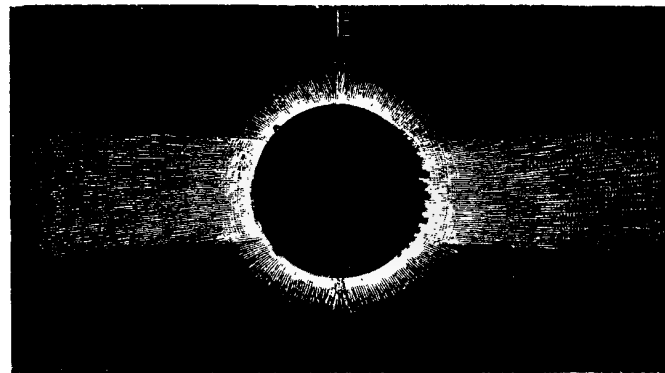


Рис. 47. Корона солнца.

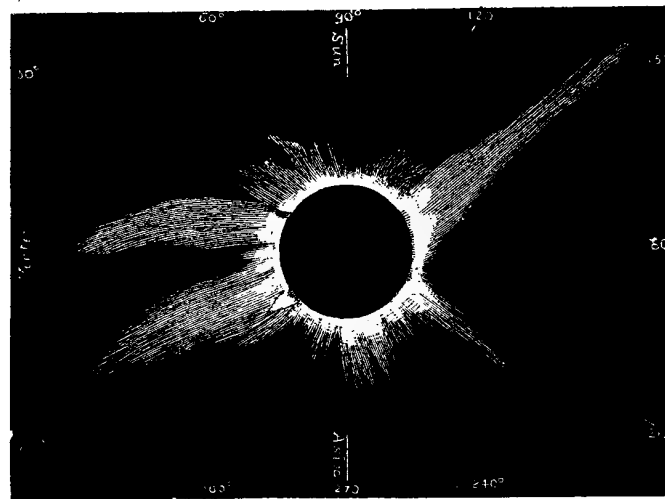


Рис. 48. Корона солнца.

рыхъ оно состоитъ. Еще лѣтъ шестьдесятъ тому назадъ не вѣрили въ возможность узнать что-либо о веществахъ, изъ которыхъ состоитъ солнце. Но въ 1859 г. двумя учеными Бунзенемъ и Кирхгофомъ было сдѣ-

лано важное открытіе, которое позволило проникнуть въ химическій составъ солнца и звѣздъ.

На первый взглядъ самая мысль о возможности знать что-нибудь о составѣ небесныхъ свѣтилъ кажется, дѣйствительно, странной. Спрашивается, какое же возможно средство, чтобы узнать это, есть ли такой посредникъ между небесными свѣтилами и нашими глазами, который помогъ бы намъ раскрыть тайну состава небесныхъ свѣтилъ? А кромѣ глазъ вѣдь мы не можемъ здѣсь прямо пользоваться никакими другими органами нашихъ чувствъ. Такой посредникъ существуетъ. Это — свѣтовой лучъ.

Было время, когда не знали, какую глубоко интересную и сложную вещь представляетъ собою кажущійся такимъ простымъ бѣлый лучъ солнечнаго свѣта. Но еще Ньютонъ въ 17-мъ столѣтіи показалъ, что этотъ бѣлый лучъ состоитъ изъ неисчислимаго количества лучей самыхъ разнообразныхъ цвѣтовъ, съ самыми тонкими, постепенно переходящими одинъ въ другой, оттѣнками. Опытъ Ньютона состоялъ въ слѣдующемъ. Лучи солнечнаго свѣта пропускаются сквозь тонкую щель въ ставнѣ *O* (рис. 49) въ темную комнату и принимаются на трехгранное стекло, или стеклянную призму *A*, обращенную на чертежѣ ребромъ внизъ. По другую сторону призмы располагается натянутое вертикально полотно (или бѣлая бумага) — экранъ *Э*, на который и падаютъ лучи послѣ прохожденія ихъ сквозь призму. Лучи, проходя черезъ призму, измѣняютъ свое направленіе, отклоняются къ той грани, которая противоположна нижнему ребру (на рисункѣ — вверхъ). Это отклоненіе, или преломленіе лучей въ стеклянной (и всякой иной призмѣ) было давно извѣстно. Но на экранѣ обнаруживается неожиданное явленіе: вмѣсто ожидаемой бѣлой полосы,

такой же формы, какъ отверстіе въ ставнѣ, получается цѣлая радужная полоса *C*, по ширинѣ равная щели, но гораздо болѣе длинная. Въ этой полосѣ можно отличить семь главныхъ цвѣтсвъ: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синій и фіолетовый съ безчисленнымъ множествомъ переходныхъ оттѣнковъ (какъ въ радугѣ). Цвѣтную полосу назвали спектромъ (см. раскрашенную таблицу). Спрашивается, какъ же объяснить происхожде-



Рис. 49. Спектръ солнечнаго луча.

ніе спектра солнечнаго луча? Единственно возможное объясненіе состоитъ въ томъ, что бѣлый лучъ свѣта — не простой лучъ, но сложный и состоитъ изъ безчисленнаго множества лучей различныхъ цвѣтовъ отъ краснаго до фіолетоваго. Эти лучи имѣютъ свойство въ различной степени преломляться, проходя черезъ призму: наиболѣе отклоняется фіолетовый лучъ, наименѣе — красный. Вотъ почему фіолетовая полоса, фіолетовое изображеніе щели, получилось у насъ выше всѣхъ другихъ, а красная полоса, красное изображеніе — ниже всѣхъ другихъ. Отсюда можно вывести, что если, наоборотъ, соединить вмѣстѣ, смѣ-

шать все радужные цвета, то глазъ перестанетъ отличать ихъ другъ отъ друга, и получится впечатлѣніе бѣлаго цвета. Ньютонъ и доказалъ это. Онъ бралъ порошки всевозможныхъ цветовъ радуги, отъ краснаго до фіолетоваго со многими оттѣнками, и смѣшивалъ ихъ вмѣстѣ. Получался порошокъ, который на солнцѣ казался бѣлымъ, какъ снѣгъ. Таково было первое важное открытіе относительно природы солнечнаго луча.

Прошло много лѣтъ, и дѣло не двигалось дальше. Наконецъ въ началѣ уже 19-го столѣтія (1814 г.) Фраунгоферъ открылъ, что спектръ солнечнаго луча не сплошной, но перерѣзанъ множествомъ тонкихъ темныхъ линий, до того тонкихъ, что безъ сильнаго увеличенія ихъ видѣть нельзя (см. таблицу спектровъ, спектръ солнца). Этихъ темныхъ, или фраунгоферовыхъ линий насчитываются теперь многія тысячи, но что онѣ значатъ, такъ и оставалось неизвѣстнымъ вплоть до 1859 года. Въ этомъ году Бунзенъ и Кирхгофъ стали изучать спектры всевозможныхъ свѣтящихся тѣлъ и пришли къ новому весьма важному открытію. Для своихъ цѣлей Бунзенъ построилъ особый приборъ — спектроскопъ, изображенный на рис. 50. Главную часть прибора составляетъ стеклянная призма *P*, стоящая на подставкѣ. Лучи какого-нибудь свѣтящагося тѣла *E* проходятъ сквозь щель трубы *A* и черезъ стекло этой трубы выходятъ наружу параллельными, какъ бы однимъ лучомъ. Далѣе они падаютъ на призму *P* и преломляются въ ней; разноцвѣтные лучи раздѣляются и вступаютъ въ трубу *B*, гдѣ около глазнаго стекла (окуляра) и получается спектръ свѣтящагося тѣла; спектръ рассматривается въ увеличительныя стекла окуляра. Въ трубѣ же *C* вставлена шкала, т.-е. раздѣленная на мелкія дѣленія линейка; труба эта мо-

жетъ быть установлена такъ, что наблюдатель, глядящій въ трубу *B*, увидитъ рядомъ со спектромъ и шкалу и сможетъ поэтому измѣрить разстоянія линий спектра другъ отъ друга.

Бунзенъ и Кирхгофъ стали подробно изучать спектры различныхъ тѣлъ, твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ въ раскаленномъ состояніи, когда тѣла испускаютъ свѣтовые лучи. И они пришли къ слѣдующимъ важнымъ и интереснымъ выводамъ.

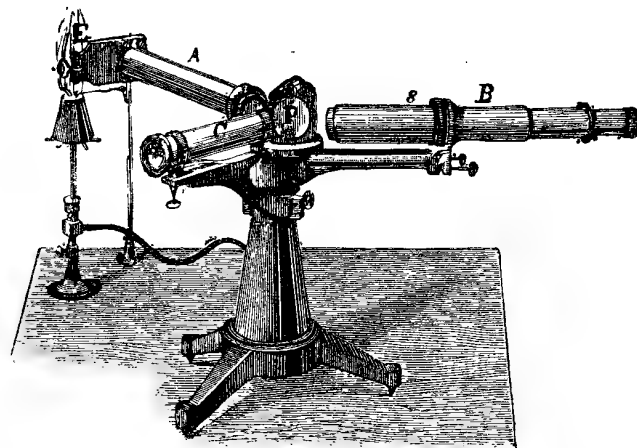


Рис. 50. Спектроскопъ Бунзена.

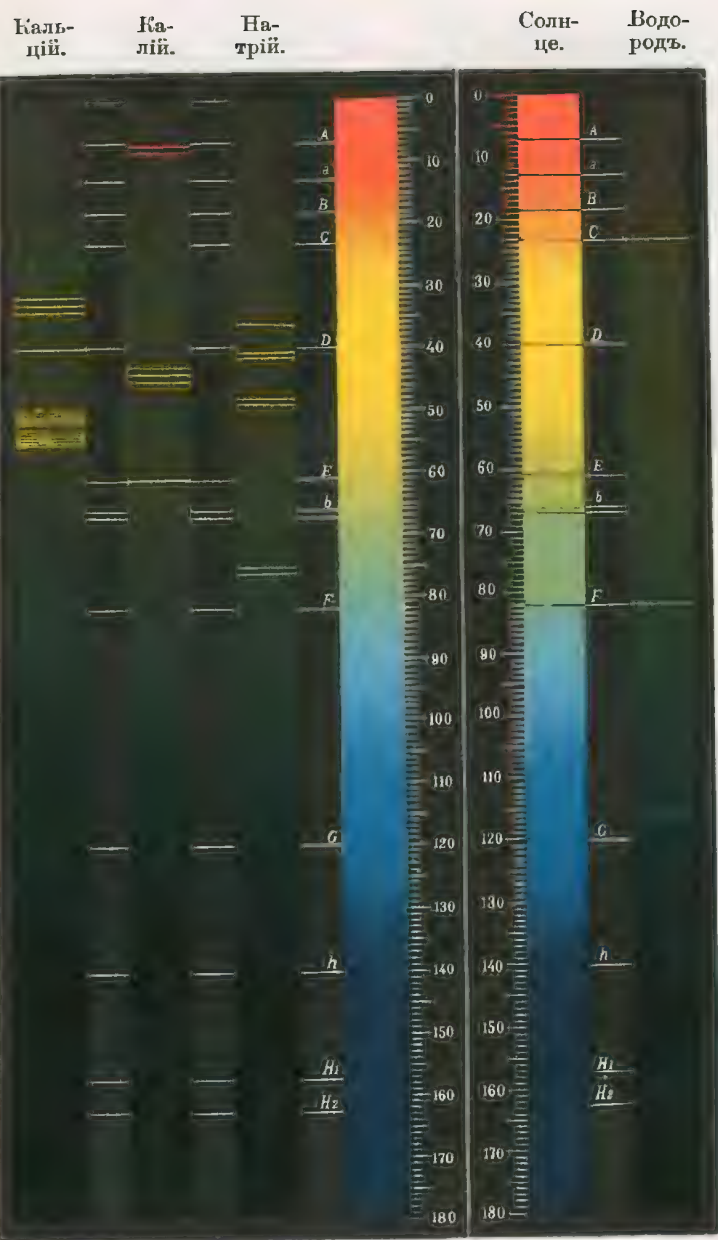
1. Добѣла раскаленные твердыя и жидкія тѣла (напр., желѣзо или расплавленная платина), а также сильно сжатые раскаленные газы и пары даютъ спектръ изъ всѣхъ цветовъ радуги, но безъ темныхъ фраунгоферовыхъ линий.

2. Раскаленные и вообще свѣтящіеся (не сжатые) газы даютъ совершенно особый спектръ, состоящій изъ нѣсколькихъ узкихъ полосъ различнаго цвѣта, раздѣленныхъ темными пространствами (см. таблицу:

спектры паровъ натрія, калия, магнія, кальція, водорода).

3. Еще болѣе любопытное явленіе получается, если лучи добѣла раскаленнаго твердаго или жидкаго тѣла пропустить сначала сквозь пламя газа или пара какого-нибудь вещества, а затѣмъ уже принять ихъ на преломляющую призму. Тогда оказывается, что какъ разъ именно на мѣстѣ той цвѣтной полоски, которую давалъ бы газъ или паръ, въ спектрѣ бѣлаго луча получается темная линія (сравни, напр., желтую полосу въ спектрѣ натрія и темную линію *D* въ желтомъ цвѣтѣ солнечнаго спектра). Выходитъ такъ, что въ бѣломъ лучѣ при прохожденіи его черезъ газъ или паръ этотъ газъ или паръ «поглощаетъ», задерживаетъ именно тѣ лучи, которые испускаетъ самъ. И когда Бунзенъ и Кирхгофъ изучили такимъ образомъ множество тѣлъ, то оказалось, что каждое вещество даетъ въ спектрѣ совершенно опредѣленное число линій въ опредѣленныхъ частяхъ спектра. Такъ, напримеръ, пары натрія даютъ темную линію въ желтой части спектра; пары магнія—во многихъ частяхъ; пары кальція—нѣсколько линій въ желтой и голубой части и т. д. Линіи эти всегда занимаютъ опредѣленное положеніе и всегда бываютъ въ опредѣленномъ числѣ. Поэтому по фраунгоферовымъ линіямъ можно точно узнавать, отъ какого вещества онѣ произошли и открывать присутствіе въ свѣтящемся тѣлѣ этихъ веществъ.

Теперь стало совершенно ясно, какое значеніе въ спектрѣ солнца (см. таблицу) имѣютъ фраунгоферовы линіи. Онѣ могутъ происходить только оттого, что бѣлый свѣтъ какихъ-нибудь раскаленныхъ жидкостей (напр., капель въ зернахъ фотосферы) или сильно сжатыхъ давленіемъ раскаленныхъ газовъ и паровъ



(составляющихъ ядро солнца) проходить сквозь не-
сжатые давленіемъ пары и газы различныхъ веществъ,
находящіеся въ хромосферѣ и фотосферѣ. По этимъ
то фраунгоферовымъ линіямъ и узнали, что въ составъ
солнца входитъ желѣзо (больше 2000 линій), водородъ,
гелій, углеродъ, кальцій (75 линій), магній (20), натрій (11)
и др. вещества; что выступы состоятъ изъ водорода и
паровъ металловъ кальція, магнія и нѣкоторыхъ др.;
что въ коронѣ солнца есть вещество, отражающее
солнечные лучи, такъ какъ ея спектръ отчасти одина-
ковъ съ солнечнымъ, и кромѣ того, неизвѣстное газо-
образное вещество, испускающее собственные лучи,
такъ какъ въ спектрѣ короны найдены линіи, не при-
надлежащія ни одному изъ извѣстныхъ веществъ.

Эти наблюденія и выводы очень важны. Они доказы-
ваютъ единство вещества во вселенной, т.-е. до-
казываютъ, что солнце (и звѣзды) составлены изъ тѣхъ
же веществъ, какъ и земля. Но самыя наблюденія и
особенно выводы изъ нихъ требуютъ большой осторож-
ности и искусства. Дѣло въ томъ, что въ спектраль-
ныхъ линіяхъ могутъ происходить измѣненія въ зави-
симости отъ того, при какихъ условіяхъ находится
вещество, производящее эти линіи. Напримѣръ, если
газъ или паръ сильно сжать, всѣ линіи смѣщаются
къ красному концу спектра, а при уменьшеніи сжатія—
къ фіолетовому концу. При охлажденіи газа линіи
дѣлаются болѣе широкими. Поэтому не всегда легко
по положеніямъ линіи узнавать присутствіе въ свѣ-
тящемся тѣлѣ того или другого вещества. На солнцѣ
же должны существовать такія громадныя давленія и
такая высокая температура, какихъ мы на землѣ не
наблюдаемъ. Поэтому и сужденія наши о составѣ
солнца могутъ быть не всегда достовѣрными. Только
при большомъ количествѣ совпадающихъ линій и при

постоянствѣ ихъ положенія (какъ, напримѣръ, для желѣза, водорода) можно достовѣрно сказать, что такое-то вещество существуетъ на солнцѣ. Всѣ названные выше вещества на солнцѣ несомнѣнно существуютъ.

Вы видите теперь, какъ много узнали уже люди о солнцѣ, благодаря телескопу и особенно спектро스코пу. Но, несмотря на значительное количество этихъ свѣдѣній, мы все-таки не можемъ съ точностью и ясностью рѣшить вопросъ о томъ, что такое солнце, каково его строеніе и какія силы производятъ явленія, наблюдаемыя нами на его поверхности; мы въ сущности еще не знаемъ даже, какъ именно происходятъ эти явленія (напр., явленія пятенъ, взрывы выступовъ). На эти наиболѣе интересные вопросы можно, однако, дать нѣкоторые болѣе или менѣе достовѣрные отвѣты, когда мы рѣшимъ главный вопросъ: откуда берутся или какъ произошли тѣ громадныя количества тепла и свѣта, которыя солнце, уже на глазахъ людей, многія тысячелѣтія изливаетъ на землю, и почему солнце, повидимому, нисколько не охлаждается и не ослабѣваетъ въ своемъ блескѣ? Къ счастью, именно на этотъ вопросъ теперь возможно отвѣтить довольно точно, благодаря, главнымъ образомъ, великому открытію гениальнаго нѣмецкаго врача-естествоиспытателя Роберта Майера. Въ чемъ состояло его открытіе, мы скажемъ ниже, а теперь прежде всего посмотримъ, какъ велико количество тепла, излучаемаго солнцемъ въ пространство. Зная, хотя бы приблизительно, величину этого излученія, можно уже будетъ говорить и о причинахъ его происхожденія.

Прежде всего, чтобы измѣрить количество тепла, нужно, какъ и во всякомъ измѣреніи, выбрать единицу мѣры. Для измѣренія длинъ существуютъ единицы



Рис. 51. Робертъ Майеръ.

ный метръ получаетъ отъ перпендикулярно падающихъ лучей солнца 30 калорій въ минуту (метръ= $1\frac{2}{5}$ аршина, кв. метръ—почти 2 квадр. аршинамъ). Чтобы рассчитать, какое количество калорій испускаетъ каждый кв. метръ солнечной поверхности, надо вообразить, что нашъ квадратный метръ помѣщенъ на поверхности самого солнца. Конечно, онъ нагрѣется тогда сильнѣе и за ту же минуту получить гораздо большее количество тепла, такъ какъ станетъ ближе къ центру солнца въ 215 разъ (разстояніе отъ земли до солнца содержитъ 215 солнечныхъ радіусовъ). Чтобы произвести расчетъ, нужно 30 калорій помножить, какъ показываетъ физика, на 215×215 . Выйдетъ больше 1.380.000 въ минуту или больше 23 тысячъ калорій въ каждую секунду. Столько тепла излучаетъ въ секунду каждый кв. метръ солнечной поверхности. Если же рассчитать на всю поверхность солнца, то выйдетъ огромное число:

140 000 000 000 000 000 000 000

калорій въ каждую секунду. Земля перехватываетъ меньше одной двухмилліардной доли тепла, испускаемаго солнцемъ, т.-е. чтобы перехватить все тепло солнца, нужно было бы окружить солнце со всѣхъ сторонъ больше, чѣмъ двумя тысячами милліоновъ земныхъ шаровъ, помѣщенныхъ тѣсно другъ около друга на поверхности шара такого радіуса, каково разстояніе отъ земли до солнца (140 милліоновъ верстъ). И однако, какъ показываетъ вычисленіе, этого тепла было бы достаточно, чтобы въ одинъ годъ расплавить слой льда въ 16 сажень высоты, если бы этотъ слой покрывалъ весь земной шаръ.

Теперь спросимъ себя, какимъ образомъ при такой громадной потерѣ тепла въ каждую секунду солнце

давно уже не охладилось и не погасло? Изученіе древнихъ памятниковъ различныхъ народовъ, жившихъ 3, 4 тысячи лѣтъ назадъ, напримѣръ, египтянъ, показываетъ, что и тогда солнце свѣтило и грѣло такъ же, какъ теперь. Какимъ же образомъ пополняетъ солнце потерю такого громаднаго количества тепла? Чтобы отвѣтить на этотъ вопросъ, нужно разобратъ, какіе въ природѣ имѣются источники теплоты, т.-е. какія явленія ее вызываютъ, и выбрать такой источникъ, который разрѣшалъ бы вопросъ.

Первое, что приходитъ въ голову, это горѣніе какихъ-либо веществъ. Но простое вычисленіе показываетъ, что этотъ источникъ не пригоденъ: если бы солнце все состояло изъ каменнаго угля, то отъ непрерывнаго горѣнія этого угля развивалось бы такое количество теплоты, котораго хватило бы самое большее на 4 тысячи лѣтъ. Какое бы мы вещество ни взяли, при горѣніи получилось бы количество тепла не большее, чѣмъ сейчасъ указано для каменнаго угля.

Есть еще одинъ источникъ тепла, это—ударъ тѣла другъ о друга или сжатіе тѣла, т.-е. ударъ другъ о друга его сближающихся частицъ. Всѣмъ извѣстно, что при ударѣ быстро летящей пули о стальную броню пуля можетъ расплавиться; что ударами молота можно разогрѣть желѣзо и т. п. Но только послѣ изслѣдованій Роберта Майера поняли все значеніе въ природѣ этого источника теплоты, а главное, научились подсчитывать количество теплоты, производимое ударомъ даннаго тѣла.

Робертъ Майеръ въ первый разъ показалъ, что теплота, какъ и всякая сила, не можетъ появиться изъ ничего, нотребуется для своего появленія затраты извѣстной работы, затраты какой-нибудь другой силы. Теплота есть сила, такъ какъ она способна про-

изводить работу: она производитъ расширеніе тѣлъ, заставляетъ пары воды подниматься и т. п. Чтобы произвести эту силу, необходимо также затратить известное количество силы. Напримѣръ, когда при сверленіи пушекъ получается значительное количество теплоты, разогрѣвающей инструменты и пушечный металлъ, то теплота эта происходитъ вслѣдствіе работы, которая затрачивается сверлильными машинами. Точно также теплота, получаемая при ударѣ пули о броню, развивается на счетъ работы, которую производитъ пуля, стремясь пробить броню, раздвинуть ея плотно сдвинутыя частицы; подобно этому разогрѣвается гвоздь, когда мы вбиваемъ его въ неподатливую стѣну. Такіе факты были давно извѣстны, но только Р. Майеру удалось объяснить ихъ, какъ слѣдуетъ, и высчитать, какое нужно затратить количество работы, чтобы произвести данное количество теплоты.

Работа силы, какъ и всякая другая величина, измѣряется своими особыми единицами: За единицу работы принимается работа, которую нужно затратить, чтобы поднять одинъ килограммъ на высоту одного метра. Такая работа называется килограмметромъ. Р. Майеръ задалъ себѣ и разрѣшилъ слѣдующій вопросъ: какое необходимо затратить количество килограмметровъ, чтобы получить одну калорію? Если мы будемъ знать это, то будемъ въ состояніи вычислить, какое количество теплоты развивается при паденіи даннаго тѣла съ данной высоты на поверхность солнца, и удостовѣриться, возможно ли считать ударъ источникомъ солнечной теплоты. Способъ вычисленія Р. Майера гениаленъ по своей простотѣ. Р. Майеръ зналъ слѣдующее. Если нагрѣвать

воздухъ сначала въ закрытомъ сосудѣ, такъ чтобы онъ не могъ расширяться, а затѣмъ въ сосудѣ, прикрытомъ только поршнемъ, такъ что воздухъ расширяется свободно, то для нагрѣванія воздуха на 1 градусъ Ц. потребуется въ обоихъ случаяхъ различное количество теплоты. Напримѣръ, если сосудъ содержитъ 1000 килограммовъ воздуха, то въ первомъ случаѣ требуется 168 калорій, а во второмъ 237 калорій. Спрашивается, почему получается разность въ 69 калорій на 1000 килограммовъ воз-

духа или $\frac{69}{1000}$ калорій на

каждый килограммъ? Эта разность тратится именно на расширеніе воздуха во второмъ случаѣ. Распираясь, воздухъ производитъ опредѣленную работу, а именно: онъ, двигая поршень, приподнимаетъ весь столбъ воздуха, находящійся надъ поршнемъ. И эту работу можно подсчитать, нужно только знать вѣсъ поднимаемаго столба воздуха и вели-

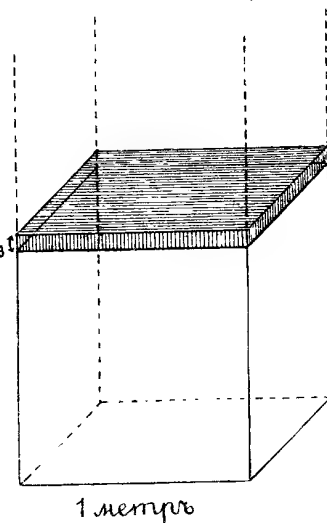


Рис. 54.

чину, на которую приподнимается поршень при нагрѣваніи воздуха на 1 градусъ Ц. Положимъ, что воздухъ заключенъ въ сосудѣ, который имѣетъ форму куба; длина, ширина и высота этого куба равны 1 метру (см. рис. 54). Сосудъ сверху прикрытъ поршнемъ. Если взвѣсить, то воздуха окажется 1293 грамма или $1 \frac{293}{1000}$ ки-

лограмма (такъ какъ килограммъ содержитъ 1000 граммовъ). Если нагрѣть воздухъ на 1 градусъ Цельсія, то придется затратить только на его расширеніе, какъ указано выше, 69 калорій на каждую тысячу килограммовъ или $\frac{69}{1000}$ калорій на каждый килограммъ,

а всего $\frac{1293}{1000} \times \frac{69}{1000}$ калорій или, иначе, 89217 миллион-

ныхъ долей (около $\frac{9}{100}$ долей) калорій. Остается подсчитать, какую работу совершить расширеніе воздуха, поднимающаго поршень. Опытъ показываетъ, что при нагрѣваніи на 1 градусъ Цельсія поршень поднимается

на $\frac{1}{273}$ долю метра, а вѣсь столба воздуха

надъ поршнемъ можно вычислить съ помощью барометра—прибора, показывающаго величину давленія воздуха.

Еще ученикъ Галилея Торичелли показалъ, что если взять запаянную съ одного конца трубку со ртутью длиною больше 30 дюймовъ и, закрывъ ея отверстіе пальцемъ, погрузить открытый конецъ въ чашку со ртутью, то ртуть вся не выльется, но только нѣсколько опустится и остановится на высотѣ около 30 дюймовъ или 76 сантиметровъ (см. рис. 55). Ртуть поддерживается въ трубкѣ именно давленіемъ воздуха, который своимъ вѣсомъ давитъ на ртуть въ чашечкѣ, а отсюда давленіе передается внутрь трубки. Значитъ, воздухъ давитъ на площадку, равную отверстію трубки, съ такою же силой, какъ вѣсь столба ртути въ трубкѣ высотой въ 76 сантиметровъ. Вѣсь ртути нетрудно оты-

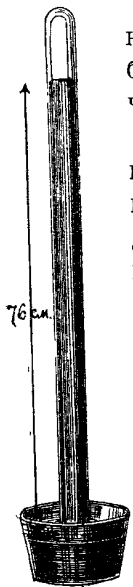


Рис. 55.

скать, а потомъ и подсчитать, каковъ вѣсь столба воздуха, который давитъ на площадку, равную поверхности поршня въ опытѣ, изображенномъ на рис. 54. Выйдетъ 10305 килограммовъ. Такой вѣсь подни-

мается поршнемъ на высоту $\frac{1}{273}$ метра, значитъ, рас-

ширеніе воздуха, поднимающаго поршень, совершаетъ

работу равную $\frac{10305}{273}$ долямъ килограммометра (т.-е.

около 38). Столько работы получается, когда мы затра-

тили на нагрѣваніе воздуха 89217 миллионныхъ (около $\frac{9}{100}$) долей калорій. Нетрудно теперь уже высчитать,

что если бы мы затратили ровно 1 калорію, то была бы произведена работа въ 423 килограммометра. Наоборотъ, чтобы произвести одну калорію, нужно затратить работу въ 423 килограммометра, т.-е. работу, которая совершается при подъемѣ 1 килограмма на 423 метра или 423 килограммовъ на 1 метръ.

Послѣ этого великаго открытія Р. Майеру уже нетрудно было подсчитать, какое количество вещества должно было бы падать на солнце, чтобы поддержать его тепловое излученіе на неопредѣленно долгое время. Оказалось, достаточно, чтобы на солнце падало ежегодно такое количество вещества, вѣсь котораго равенъ $\frac{1}{100}$ вѣса земного шара. Спрашивается, суще-

ствуетъ ли такое вещество? Р. Майеръ полагалъ, что это вещество доставляютъ такъ называемые метеориты, т.-е. небольшіе угловатые камни, которые всюду носятъ въ небесныхъ пространствахъ. Мы наблюдаемъ ихъ и на землѣ въ видѣ падающихъ звѣздъ, когда они попадаютъ въ земную атмосферу и заго-

раются вслѣдствіе тренія о нее (см. дальше бесѣду VI). Несомнѣнно, что такихъ метеоритовъ должно быть очень много возлѣ солнца. Можетъ быть, ими производится и явленіе солнечной короны. Часть потери тепла солнцемъ, несомнѣнно, восполняется такимъ путемъ. Но всетаки нужно признать, что метеоритовъ по этой теоріи падало бы слишкомъ много. Земля была бы засыпана ими, и температура ея сильно повысилась бы, да и масса солнца все время бы возрастала, а это отразилось бы на движеніи планетъ. Значитъ, теорія Р. Майера не вполне достаточна для объясненія теплового лучеиспусканія солнца. Но ее можно нѣсколько измѣнить, и тогда получается удовлетворительное объясненіе.

Можно самый вопросъ поставить не такъ, какъ мы его поставили выше. Можно спрашивать не то, какимъ образомъ солнце восполняетъ ежегодно потерю тепла, но то, какимъ образомъ могъ получиться такой громадный запасъ тепла, котораго хватило бы на миллионы лѣтъ при нынѣшней величинѣ ежегодной потери. Предположимъ, что вещество солнца было нѣкогда, миллионы лѣтъ тому назадъ, въ сильно разрѣженномъ состояніи и распространялось гораздо дальше самой далекой отъ него планеты, пусть въ тысячу, миллионъ разъ дальше земли, пусть даже просто сколь угодно далеко. Частицы такого разрѣженного вещества должны были, по закону тяготѣнія Ньютона, стремиться къ общему центру, а все вещество постепенно сжиматься, сгущаться. Вычисленіе показываетъ, что если такое разрѣженное вещество сжалось бы до нынѣшнихъ размѣровъ солнца, то отъ этого сжатія развилось бы громадное количество тепла, котораго хватило бы на 18—20 миллионъ лѣтъ. Чтобы представить себѣ, какъ великъ вышелъ бы запасъ тепла и какъ незначительна

въ сравненіи съ нимъ ежегодная нынѣшняя потеря тепла солнцемъ, предположимъ, что у насъ имѣется запасъ зерна въ 150 тысячъ пудовъ и мы ежегодно беремъ изъ этого запаса всего только по одному зерну. Тогда весь запасъ зерна изобразить запасъ солнечной теплоты, а одно зерно—ея ежегодную трату.



Рис. 56. Туманность въ созвѣздіи Андромеды.

Такимъ образомъ для объясненія происхожденія солнечной теплоты приходится предположить, что вещество солнца было когда-то въ крайне разрѣженномъ состояніи, а само солнце было туманностью, по-

добной тѣмъ, которыя мы часто встрѣчаемъ въ небесныхъ пространствахъ. Такова туманность, изображенная на рисункѣ 56 и находящаяся въ созвѣздіи Андромеды. Въ ней ясно видно спиральное строеніе туманной матеріи и сгущеніе въ центрѣ, т.-е. образование звѣзды, подобной нашему солнцу.

Итакъ, громадный запасъ солнечной теплоты произошелъ, вѣроятно, вслѣдствіе сгущенія первичной туманности, которою было когда-то солнце (вмѣстѣ съ землей и планетами, его окружающими). Это сгущеніе продолжалось весьма долгое время. Оно должно продолжаться и теперь вслѣдствіе потери тепла, испускаемого въ холодное міровое пространство. Въ свою очередь, какъ показываютъ опыты, сжатіе газообразной массы солнца вслѣдствіе его охлажденія само можетъ стать источникомъ, восполняющимъ теплоту, теряемую солнцемъ. Вычисленіе показываетъ, что достаточно, чтобы діаметръ солнца уменьшался на одну версту въ 15 лѣтъ, и тогда вся теряемая теплота будетъ восполняться. Такое сжатіе мы могли бы обнаружить путемъ измѣреній не раньше, какъ черезъ 10 тысячъ лѣтъ.

Но чтобы громадная ежегодная потеря тепла солнцемъ не привела къ быстрому охлажденію его поверхности и не превратила эту поверхность сначала въ жидкую оболочку, а затѣмъ и въ твердую кору, необходимо, чтобы въ лучеиспусканіи тепла участвовала вся масса солнца, а не одна только его поверхность. Нужно, чтобы вся масса солнца была газообразной и чтобы внутри этой массы температура была весьма высока, гораздо выше, чѣмъ на поверхности. Громадность солнечной температуры даже на его поверхности доказана опытами съ зажигательными стеклами: оказалось, что въ фокусѣ этихъ стеколъ получается такая высокая температура, что въ ней плавятся платина и

вообще всѣ самыя тугоплавкія вещества. Эта температура не ниже $31\frac{1}{2}$ тысячъ градусовъ по Цельсію. Между тѣмъ, самое сильное зажигательное стекло, какое мы можемъ теперь построить, дѣйствуетъ только такъ, какъ будто бы предметъ, на которомъ мы собираемъ солнечные лучи, приближенъ къ поверхности солнца на разстояніе около 400 тысячъ верстъ, т.-е. больше половины солнечнаго радіуса. Слѣдовательно, температура поверхности солнца еще выше, чѣмъ температура, получаемая въ фокусѣ стекла; температура же внутренней массы солнца, вѣроятно, еще въ десятки разъ выше. Только благодаря этой высокой температурѣ и газообразному состоянію всей массы солнца, громадная потеря теплоты не приводитъ къ охлажденію и отвердѣванію солнечной поверхности.

Физическое устройство солнца, вѣроятно, таково.

Наружный слой солнечной массы охлаждается отъ соприкосновенія съ окружающимъ холоднымъ пространствомъ. Часть газообразныхъ веществъ сгущается и производитъ облака фотосферы, т.-е. всегда видимой нами ослѣпительно блестящей солнечной оболочки. Охлажденные газы, сдѣлавшись болѣе тяжелыми, чѣмъ окружающая газообразная среда, опускаются внизъ, къ центру солнца. Господствующая здѣсь высокая температура заставляетъ охлажденные газы расширяться и съ силой выталкиваетъ ихъ вверхъ. Прорывая фотосферу, эти восходящіе токи газовъ образуютъ въ фотосферѣ и хромосферѣ явленія выступовъ, факеловъ и пятенъ. Выше фотосферы (вѣроятно, также и ниже ея) лежитъ слой болѣе легкихъ газовъ и паровъ, образующихъ хромосферу. Сквозь эту хромосферу проникаютъ бѣлые лучи зеренъ фотосферы и сильно сжатыхъ громаднымъ давленіемъ газовъ и паровъ центральнаго ядра, и потому въ спектроскопѣ мы

наблюдаемъ темныя фраунгоферовы линіи, принадлежащія тѣмъ веществамъ, изъ которыхъ состоитъ хромосфера. Нисходящія и восходящія токи охлаждающихся и вновь разогрѣвающихся газовъ и приводятъ къ тому, что вся масса солнца участвуетъ въ лучеиспусканіи, и потому поверхность солнца не охлаждается, несмотря на весьма низкую температуру окружающаго пространства. Такимъ образомъ солнце можно представлять себѣ, какъ огромную тепловую, газовую или паровую машину, газы и пары которой находятся подъ вліяніемъ двухъ силъ. Одна сила есть сила сжатія внутреннихъ слоевъ верхними; она производитъ огромное нагрѣваніе внутреннихъ слоевъ; въ то же время она придаетъ имъ такое сгущенное физическое состояніе, что газы и пары дѣлаются похожими скорѣе на вязкія жидкости (вродѣ смолы или асфальта), способныя испускать всѣ лучи спектра. Другая сила—расширеніе газовъ и паровъ вслѣдствіе громаднаго нагрѣванія; эта сила выталкиваетъ газы и пары вверхъ и производитъ тѣ явленія, которыя мы наблюдаемъ на поверхности солнца.

Вотъ все или почти все, что мы можемъ сказать болѣе или менѣе достовѣрнаго о строеніи солнца. Но это еще не все для полнаго сужденія о томъ, что такое солнце.

Сравненіе спектровъ солнца и звѣздъ показываетъ, что каждая звѣзда также представляетъ собою солнце, такъ какъ въ спектрахъ звѣздъ имѣются такія же фраунгоферовы линіи, какъ и въ спектрѣ солнца, только въ другомъ числѣ и различной напряженности (объ этомъ еще будетъ сказано болѣе подробно въ бесѣдѣ VII). Звѣзды различаютъ, между прочимъ, по ихъ цвѣту. Половина всѣхъ извѣстныхъ намъ звѣздъ—бѣлыя, $\frac{3}{8}$ —желтыя и $\frac{1}{8}$ —красныя. Каждому цвѣту

принадлежитъ свой особый спектръ; на примѣръ, у бѣлыхъ звѣздъ фіолетовая часть спектра сильнѣе красной, а у красныхъ наоборотъ. Желтыя же звѣзды имѣютъ спектръ, совершенно почти одинаковый со спектромъ солнца. Поэтому солнцу нужно причислить къ классу желтыхъ звѣздъ.

По степени раскаленности бѣлыя звѣзды считаются наиболѣе раскаленными, красныя наименѣе раскаленными, уже потухающими свѣтилами. По нынѣшнимъ взглядамъ въ наукѣ считается, что всѣ звѣзды, какъ и солнце, произошли изъ туманностей путемъ ихъ сгущенія около нѣкотораго центра. Сгущеніе вещества туманности произвело огромный запасъ тепла, который можетъ быть израсходованъ только въ теченіе десятковъ милліоновъ лѣтъ. При наиболѣе сильномъ повышеніи температуры звѣзда является бѣлой, при пониженіи температуры—желтой и, наконецъ,—красной. Поэтому можно думать, что каждая звѣзда постепенно переходитъ сначала отъ краснаго цвѣта черезъ желтый къ бѣлому, а потомъ, при постепенномъ охлажденіи, опять черезъ желтый къ красному, пока не покроется темною корой и совершенно не погаснетъ. Значитъ, если задать вопросъ о томъ, долго ли еще будетъ свѣтить солнце, то нужно будетъ отвѣтить, что это зависитъ отъ того, прошло ли уже солнце ступень бѣлаго цвѣта или еще ему предстоитъ ее пройти. Но во всякомъ случаѣ, если даже ступень бѣлаго цвѣта уже пройдена, то всетаки свѣта и тепла солнца хватитъ не менѣе, чѣмъ на 8—10 милліоновъ лѣтъ. И только тогда, когда непрерывная потеря тепла охладитъ и сгуститъ массу солнца настолько, что будутъ затруднены нисходящія и восходящія токи газовъ, когда не вся масса солнца будетъ участвовать въ его лучеиспусканіи, а только его поверхность,—только тогда

начнется быстрое и замѣтное охлажденіе и отвердѣваніе солнца, которое когда-нибудь превратитъ солнце въ такое же темное, сравнительно холодное тѣло, какъ земля, и прекратитъ всякую жизнь на землѣ.

Чтобы, въ концѣ концовъ, полнѣе отвѣтить на вопросъ, что такое солнце, мы прибавимъ еще нѣсколько словъ о движеніи солнца. Какъ и всѣ почти звѣзды, солнце не неподвижно. Оно движется въ неизмѣримомъ пространствѣ съ громадною скоростью около 20 верстъ въ секунду; вѣроятно, оно движется прямолинейно и равномерно. Точка неба, къ которой направляется солнце со всѣми окружающими его планетами, находится въ созвѣздіи Лиры (см. бесѣду VII). Объ этомъ движеніи солнца узнали и вычислили его направление и скорость по тѣмъ движеніямъ, которыя обнаруживаютъ звѣзды. Вообще звѣзды движутся по всевозможнымъ направленіямъ и съ громадными скоростями. Но во всѣхъ этихъ движеніяхъ можно замѣтить какъ бы нѣкоторое общее стремленіе двигаться въ одну и ту же сторону, о чемъ будетъ сказано въ бесѣдѣ VII. Это общее стремленіе приходится считать кажущимся, и происходитъ оно просто отъ обратнаго по направленію движенія нашего солнца.

Теперь примемъ во вниманіе огромную скорость движенія солнца (20 верстъ въ секунду), превосходящую всѣ скорости, какія мы наблюдаемъ на земныхъ предметахъ, и еще тотъ фактъ, что за 2000 лѣтъ точныхъ астрономическихъ наблюденій созвѣздія, по направленію къ которымъ движется солнце, нисколько не измѣнили своего вида. Тогда мы ясно почувствуемъ всю громадность вселенной, всю практическую неизмѣримость пространства, внутри котораго несется наша солнечная система. Съ каждою секундою мы приближаемся почти на 20 верстъ къ созвѣздію Лиры, каж-

дый прожитый день приближаетъ насъ къ этому созвѣздію на $1\frac{1}{2}$ слишкомъ милліона верстъ,—и все-таки, если бы знаменитый греческій астрономъ Гиппархъ, жившій 2000 лѣтъ назадъ и положившій основаніе точной науки астрономіи, ожилъ теперь и сравнилъ небо съ небомъ тогдашней Греціи, онъ не замѣтилъ бы въ созвѣздіи Лиры никакихъ перемѣнъ. Если движеніе солнца будетъ и дальше продолжаться такъ же, какъ теперь, то наша солнечная система достигнетъ самой яркой звѣзды созвѣздія Лиры (Веги) не ранѣе, какъ черезъ милліонъ лѣтъ. Но и Вега не останется на мѣстѣ. Скорость ея собственнаго движенія не меньше, чѣмъ скорость солнца, и она движется не навстрѣчу солнцу.

Теперь только мы можемъ отвѣтить на вопросъ, что такое представляетъ собою солнце по взглядамъ современной астрономіи.

Солнце — это желтая звѣзда средней величины, окруженная планетами и несущаяся въ пространствѣ со скоростью около 20 верстъ въ секунду къ созвѣздію Лиры. Самыя близкія къ солнцу звѣзды такъ далеки, что свѣтъ достигаетъ отъ нихъ до солнца не менѣе, чѣмъ въ 4 года (см. бесѣду II «Почему происходитъ постоянная смѣна временъ года»). По физическому строенію своему солнце есть громадное шарообразное скопленіе газовъ и паровъ различныхъ веществъ, находящихся и въ земномъ шарѣ. Этотъ громадный газообразный шаръ имѣетъ около $1\frac{1}{2}$ милліона верстъ въ діаметрѣ; его средняя плотность немного больше плотности воды; оно вращается вокругъ своей оси въ теченіе 25 сутокъ. Шаръ этотъ произошелъ, вѣроятно, путемъ медленнаго сгущенія изъ первичной туманности, имѣвшей гораздо большіе, чѣмъ онъ, размѣры. Это сгущеніе произвело

огромный запасъ тепла и весьма высокую температуру, которая и держитъ всѣ вещества на солнцѣ въ состояніи газа или пара. Такое парообразное состояніе всей массы и огромная внутренняя температура позволяютъ существовать внутри солнца нисходящимъ и восходящимъ токамъ газовъ и паровъ, а это заставляетъ всю массу солнца участвовать въ лучеиспусканіи и не допускаетъ быстрого охлажденія солнечной поверхности. Только на поверхности солнца вслѣдствіе охлажденія газы и пары сгущаются въ ослѣпительно сіяющія зерна фотосферы, сквозь которую пробиваются взрывы газовъ и паровъ въ видѣ выступовъ и факеловъ. Надъ фотосферой находится слой болѣе легкихъ газовъ, составляющихъ хромосферу. Еще выше хромосферы наблюдается корона, состоящая, вѣроятно, изъ легкаго пылеобразнаго (твердаго) вещества, которое поддерживается надъ солнечной поверхностью, быть можетъ, отталкивательной силою солнечныхъ лучей. Въ составъ короны входитъ также какой-то неизвѣстный газъ.



О ПЛАНЕТАХЪ.

О планетахъ.

Еще въ древности люди, внимательно наблюдавшіе небо, замѣтили, что среди звѣздъ можно видѣть особаго рода свѣтила, которыя отличаются отъ звѣздъ тѣмъ, что замѣтно передвигаются между ними, т.-е. довольно быстро мѣняють свое положеніе среди звѣздъ, подобно лунѣ (см. бесѣду III, стр. 13). Подобно лунѣ всѣ эти свѣтила совершаютъ свой видимый путь по небосводу черезъ созвѣздія зодіака, т.-е. вблизи эклиптики, но только движеніе ихъ кажется гораздо болѣе сложнымъ и даже запутаннымъ. Такихъ свѣтилъ древнимъ астрономамъ было извѣстно пять и назывались они, какъ и нынѣ, планетами, т.-е. по-гречески блуждающими свѣтилами. Названія этихъ планетъ таковы: Меркурій, Венера, Марсъ, Юпитеръ, Сатурнъ. Въ новое время (въ 18, 19 и 20-мъ вѣкахъ) къ нимъ прибавились двѣ большія планеты Уранъ и Нептунъ и около 700 малыхъ.

Отличить планету отъ звѣзды по внѣшнему виду для неопытнаго наблюдателя довольно трудно. Для невооруженнаго и неопытнаго глаза планета почти ничѣмъ не отличается отъ крупной звѣзды, кромѣ только значительной яркости (напр. у Венеры и Юпитера) и спокойнаго не мигающаго блеска. Венеру и до сихъ поръ называютъ то утренней, то вечерней звѣздой,

смотря по тому, когда она появляется, утромъ или вечеромъ. Замѣтить же передвиженіе свѣтила среди звѣздъ можетъ только тотъ, кто довольно хорошо знакомъ съ звѣзднымъ небомъ и вообще привыкъ замѣчать перемѣны въ относительномъ положеніи свѣтилъ. Для планетъ это сдѣлать не такъ легко, какъ для луны, потому что отличить планету по виду отъ звѣзды довольно трудно, передвиженіе же планетъ среди звѣздъ довольно медленно, да и наблюдать планеты не во всякое время удобно. Наоборотъ, даже въ небольшой телескопъ сразу можно отличить большую планету отъ звѣзды. Прежде всего каждая планета въ телескопъ кажется кружкомъ съ болѣе или менѣе значительнымъ діаметромъ, а въ болѣе сильный телескопъ на этомъ кружкѣ или дискѣ планеты иногда можно замѣтить даже пятна (см рис. 57, изображеніе планеты Марсъ). Напротивъ того, всякая звѣзда и въ самый сильный телескопъ должна представляться свѣтящейся точкой. Если же это не такъ, и звѣзда кажется кружкомъ, то несомнѣнно, что телескопъ плохъ. Происходитъ такая разниа во внѣшнемъ видѣ планетъ и звѣздъ, очевидно, потому, что планеты гораздо ближе къ намъ, чѣмъ звѣзды, которыя такъ далеки, что даже приближеніе въ нѣсколько тысячъ разъ не измѣняетъ ихъ кажущейся величины.

Другое отличіе планетъ отъ звѣздъ состоитъ въ томъ, что онѣ, какъ и луна, имѣютъ фазы, т.-е. видны бываютъ въ различной формѣ: то въ видѣ полного кружка, то въ видѣ полукруга, то въ видѣ горбушки, то въ видѣ тонкаго серпа, а иногда скрываются совсѣмъ, т.-е. обращены къ наблюдателю темной своей стороной. На рисункѣ 58 изображены различныя фазы Венеры и ихъ объясненіе движеніемъ Венеры вокругъ солнца. Наблюдателя при этомъ надо вообразить передъ чертежомъ такъ, чтобы Венера была между наблюда-

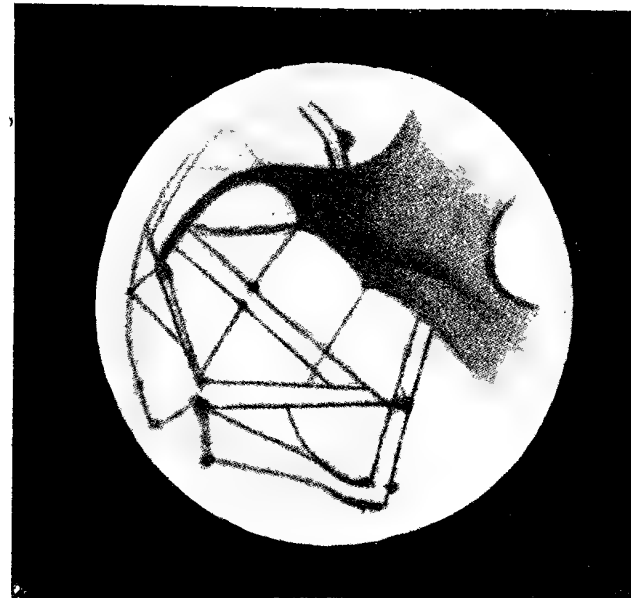


Рис. 57. Марсъ.

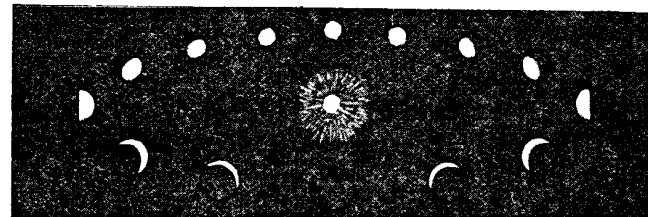


Рис. 58. Фазы Венеры.

телемъ и солнцемъ, когда обращена къ наблюдателю темною стороной. Фазы планетъ доказываютъ два весьма важныхъ обстоятельства: 1) планеты имѣютъ, подобно землѣ, лунѣ и солнцу, шарообразную форму; 2) планеты не имѣютъ собственнаго свѣта и видны только

потому, что освѣщаются солнцемъ, потому, что отражаютъ солнечный свѣтъ къ землѣ (наоборотъ, звѣзды, какъ и солнце, испускаютъ собственный свѣтъ). Становясь въ различныя положенія относительно солнца и земного наблюдателя, планеты кажутся различно освѣщенными, видны бываютъ въ различныхъ фазахъ (см. бесѣду III о лунѣ, стр. 12).

Видимое движеніе планетъ среди звѣздъ, какъ уже сказано, отличается большою сложностью. Въ нашихъ странахъ планеты, такъ же какъ луна и солнце, видны бываютъ въ южной сторонѣ неба. Слѣдя за планетой изо дня въ день и отмѣчая ея положенія среди звѣздъ, мы увидимъ, что она движется то съ запада на востокъ (если смотрѣть на югъ, то справа налево), то съ востока на западъ (слѣва направо). Первое движеніе принято называть прямымъ, второе — обратнымъ. Каждая планета болѣе долго движется въ прямомъ направленіи, причемъ скорость ея движенія сначала увеличивается, а потомъ дѣлается постепенно меньше и меньше. Затѣмъ планета какъ будто бы останавливается, день-два ея положеніе среди звѣздъ почти не мѣняется, а послѣ того она поворачивается въ обратную сторону и движется вначалѣ очень медленно. Послѣ того скорость движенія нѣкоторое время увеличивается, достигаетъ наибольшей величины, а затѣмъ снова уменьшается, пока планета не остановится вторично. Послѣ второй остановки движеніе опять дѣлается прямымъ. На рис. 59 изображенъ видимый путь Венеры въ 1908 году. Изъ рисунка видно, что съ конца апрѣля по 1 іюня планета двигалась прямо и шла выше эклиптики по созвѣздію Близнецовъ. Перваго іюня произошла остановка, и движеніе стало обратнымъ; 23 іюня Венера достигла наибольшей скорости обратнаго движенія, причемъ планета двигалась

уже ниже эклиптики. Далѣе движеніе замедлялось, и 14 іюля произошла новая остановка, послѣ которой движеніе стало вновь прямое. Скорость прямого движенія послѣ этого возрастала и 15 апрѣля 1909 года достигла наибольшей величины. Прямое движеніе продолжается затѣмъ съ уменьшающейся скоростью до 15 января 1910 года, когда произойдетъ такая же

Путь Венеры съ 28 апр. по 12 Августа.

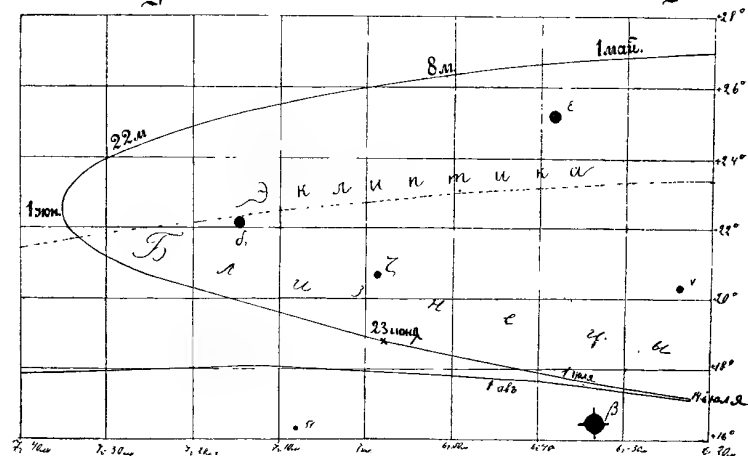


Рис. 59. Видимый путь Венеры въ 1908 году.

остановка, какая была 1 іюня 1908 года, и когда Венера снова начнетъ тотъ же самый кругъ движенія. До 23 іюня Венера была вечерней звѣздой (на западѣ), послѣ 23 іюня — утренней звѣздой (на востокѣ) до 15 апрѣля 1909 г.

Не нужно думать, что во время «остановокъ» движеніе дѣйствительно прекращается. Если наблюдать планету въ телескопъ, то оказывается, что въ теченіе всего времени движенія діаметръ ея видимаго диска

измѣняется, то увеличиваясь, то уменьшаясь. Измѣняется онъ и во время остановокъ; съ 1 іюня онъ, понемногу вначалѣ, увеличивается и достигаетъ наибольшей величины 23 іюня; затѣмъ уменьшается все время до 15 апрѣля 1909 года, когда достигаетъ наименьшей величины, а послѣ того снова увеличивается. Значить, остановокъ на самомъ дѣлѣ нѣтъ. Дѣло въ томъ только, что во время остановокъ планета движется или прямо на насъ, или прямо отъ насъ, и потому мы не замѣчаемъ ея движенья, если не наблюдаемъ въ телескопъ за измѣненіями ея видимаго діаметра. Происходитъ то же самое, что съ фонаремъ въ темномъ полѣ. Если фонарь далекъ и движется прямо на насъ или прямо отъ насъ, то мы его движенья не замѣчаемъ до тѣхъ поръ, пока не замѣтимъ, что онъ увеличивается (приближается) или уменьшается (удаляется).

Достаточно взглянуть на рис. 59 и сообразить все сказанное о движеніи Венеры, чтобы понять, что это движеніе весьма сложно. Но какъ бы оно сложно ни казалось, все-таки ясно, что оно закономѣрно, т.-е. совершается въ извѣстномъ строго опредѣленномъ порядкѣ, который никогда не нарушается. Если послѣ прямого движенія наступаетъ остановка, то послѣ нея, приблизительно черезъ 20 сутокъ, наступитъ моментъ наибольшей скорости и наибольшаго видимаго діаметра планеты; затѣмъ еще черезъ 20 сутокъ наступаетъ новая остановка, послѣ которой проходитъ 270 сутокъ до того момента, когда діаметръ станетъ наименьшимъ, а скорость прямого движенія наибольшею; далѣе, еще черезъ 270 сутокъ планета снова останавливается, и движеніе опять дѣлается прямымъ. Одни и тѣ же явленія повторяются черезъ равные приблизительно промежутки времени. Напримѣръ, для

Венеры моментъ наибольшаго (или наименьшаго) видимаго діаметра повторяется, въ среднемъ, черезъ 584 сутки, съ небольшими уклоненіями. Этотъ періодъ времени называется синодическимъ оборотомъ планеты. Для Меркурія синодическій оборотъ равенъ приблизительно 116 суткамъ, для Марса — 779, для Юпитера — 399, для Сатурна — 378, для Урана — 370, для Нептуна — 367.

Всѣ эти явленія были хорошо знакомы еще древнимъ народамъ, и еще у древнихъ греческихъ астрономовъ созрѣло убѣжденіе въ томъ, что сложность движеній планетъ только кажущаяся, что на самомъ дѣлѣ движенія эти такъ же просты, какъ движеніе луны и видимое движеніе солнца. Однако, и грекамъ не удалось разгадать истинныхъ законовъ движенія планетъ; понадобилось 14 вѣковъ для рѣшенія этой загадки; и ея рѣшеніе имѣло въ свое время величайшее значеніе.

Неудача грековъ произошла потому, что они считали землю неподвижной, а всѣ планеты движущимися вокругъ земли; кромѣ того, они непременно предполагали, что каждая планета должна двигаться равномерно и по кругу.

Самое трудное было объяснить, почему планеты движутся то прямо, то обратно и останавливаются. Основатель научной астрономіи грекъ Гиппархъ (150 л. до Р. Х.), величайшій изъ древнихъ астрономовъ, первый объяснилъ эти явленія тѣмъ, что движенія планетъ не простыя, но сложены изъ двухъ круговыхъ равномерныхъ движеній. Вотъ въ чемъ состояло это объясненіе.

Вообразите, что точка 3 на рис. 60 изображаетъ неподвижную землю. Планета движется равномерно по кругу Э, а центръ круга Э, въ свою очередь, движется равномерно, но уже съ другою скоростью, чѣмъ пла-

нета, по кругу $\mathcal{D}$ вокруг земли. Что тогда произойдет? Ясно, что планета будет двигаться по петлеобразной кривой $a\Pi b\Pi\Gamma$, и движение ее будет казаться то прямым, то обратным, хотя на самом деле оно всегда прямое. Действительно, до точки a движение прямое, между точками a и b оно обратное, от b опять прямое. В точках a и b , где линии $За$ и $Зб$ касаются петлеобразной кривой, произойдут кажущиеся остановки, так как именно

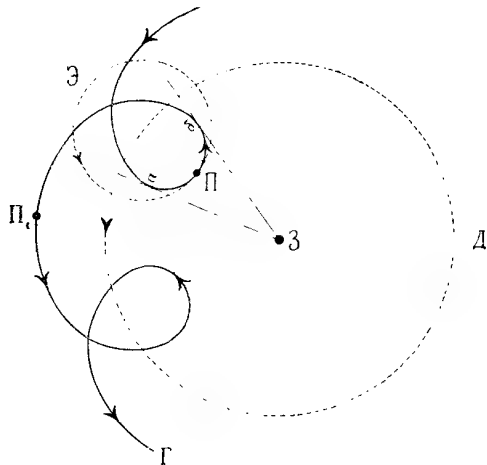


Рис. 60. Объяснение движения планет Гиппархом.

в этих местах планета движется или прямо на нас, или прямо от нас. Если бы дело происходило так, как начерчено, то наблюдатель $З$ не увидит бы петли на небе, так как он для него сливался бы в одну линию, по которой планета только колебалась бы то в одну, то в другую сторону. Но наблюдателя $З$ нужно вообразить немного выше или ниже плоскости чертежа. Тогда он увидит петли и на небе (оку-

жающем и землю, и планеты), только в сплюснутом как бы виде.

Таково было объяснение Гиппарха. По его мысли впоследствии другой греческий астроном Птолемей (130 л. по Р. Х.) написал о движениях планет целую книгу («Альмагест»), по которой 14 веков изучали астрономию. Дело дошло даже до того, что стало опасно говорить что-нибудь против этой книги, точно так же, как против Библии. То, что в ней было написано, стали считать непреложной истиной, а противоречие ей, в особенности же то мнение, что земля движется, как и другие планеты, вокруг солнца, стали считать грехом против св. писания. За такой «грех», как рассказано в I беседе о форме и движении земли, великий мыслитель Джордано Бруно был сожжен на костре, а великий исследователь природы Галилей принужден пред крестом и евангелием отказаться от своего учения и долгое время просидеть в тюрьме.

Дело в том, что были люди, для которых стало выгодно поддерживать учение Птолемея и преследовать всех, кто был против него. Греки так еще не поступали. Среди них были такие мыслители (например, Аристарх Самосский, Пифагор, Филолай), которые учили о движении земли, но их никто и не думал за это преследовать; тогда мыслить свободно об окружающем мире, о природе не считалось грехом против религии. Однако, и тогда уже бывали случаи, когда людей, державшихся не таких, как принято, взглядов на жизнь и на справедливость, другие люди, которым это было невыгодно, обвиняли в безбожии. Так, например, поступили с величайшим греческим мудрецом Сократом его противники, ученые тогдашнего времени, — со-

фисты. Сократъ обличалъ софистовъ во лжи, въ лживыхъ ученiяхъ, изобрѣтенныхъ ими не ради истины, а для того, чтобы казаться несвѣдущимъ людямъ болѣе учеными, болѣе глубокомысленными и мудрыми и тѣмъ упрочить свое высокое положенiе въ обществѣ. Сократа обвинили въ безбожii, въ оскорбленii боговъ, а невѣжественная грубая аѳинская чернь (Аѳины — городъ, гдѣ жилъ и училъ Сократъ) потребовала его казни. Сократа заставили выпить чашу съ ядомъ (около 400 г. до Р. Х.), но преданные ученики его Ксенофонтъ и Платонъ повѣдали міру его прекрасное, великое ученiе и рассказали о его простой, бѣдной, но полной величiя жизни, о его безкорыстii и глубокой преданности дѣлу правды и справедливости.

Въ новое время дѣло съ свободною мыслью стало гораздо хуже. На развалинахъ греческаго и римскаго государства воцарилась власть римской церкви, власть папы, который объявилъ себя непогрѣшимымъ, а все, чему учила католическая церковь, даже если дѣло шло о движенii солнца или земли, — непреложнымъ. Въ 12-мъ вѣкѣ по Р. Х. создались христіанскіе университеты, гдѣ стали учить греческой наукѣ и древнимъ языкамъ, латинскому и греческому, на которыхъ было написано то, что знали древніе народы и чего еще не знали народы новые. Своего еще ничего у новыхъ народовъ создано не было. И вотъ, понявъ иной разъ вкривъ и вкось переданное отъ грековъ и римлянъ, ученые не оцѣнивали, какъ слѣдуетъ, того, что было въ древнихъ книгахъ вѣрнаго, и принимали за истину то, что тамъ было неправильно и даже нелѣпо. И стали ученые того времени думать, что выше греческой мудрости ничего быть не можетъ; они приняли ее просто на вѣру, безъ повѣрки собствен-

нымъ разумомъ. А потомъ, когда создалась цѣлая армія, цѣлое сословіе ученыхъ, профессоровъ и академиковъ, жившихъ наукой, питавшихся отъ нея, стало уже опасно говорить что-нибудь противъ ихъ вѣковой заскорузлой мудрости. Всякаго такого человѣка ученое сословіе дружно преслѣдовало, и самое простое и вѣрное для того средство было объявить, что такой человѣкъ — еретикъ, т.-е. учить тому, чего нѣтъ въ св. писанii, подрываетъ вѣру, распространяетъ безбожiе. Такъ ученые и поступили съ Бруно и Галилеемъ, натравивъ на нихъ церковь. Такъ въ 1555 году былъ сожженъ въ гор. Женевѣ, якобы за ересь, а на самомъ дѣлѣ по ненависти и зависти къ нему Кальвина знаменитый ученый Михаилъ Серветъ, знавшій о существованii кровообращенiя (раньше Гарвея); такъ былъ убитъ ночью 24 августа 1572 года (въ «Вареоломеевскую ночь») знаменитый профессоръ Петръ Рамусъ руками убійцъ, посланныхъ его ученымъ противникомъ Шарпантье; убійство совершено было изъ зависти, но подъ предлогомъ того, что Рамусъ былъ еретикъ. Преслѣдованiя великихъ мыслителей и изслѣдователей со стороны ремесленныхъ ученыхъ, т.-е. профессоровъ и академиковъ, не прекратились и въ наше время; они только измѣнили свою форму. Въ 19-мъ вѣкѣ величайшій мыслитель этого вѣка Огюстъ Контъ былъ лишенъ мѣста преподавателя во французской политехнической школѣ по проискамъ профессоровъ и академиковъ (главнымъ образомъ Араго); другой великій мыслитель — нѣмецъ Шопенгауэръ долженъ былъ оставить преподаванiе въ Берлинскомъ университетѣ за свою критику господствовавшей тогда тамъ гегелевской философіи; около того же времени талантливый ученый Бенеке (въ томъ же университетѣ)

не вынесъ несправедливыхъ интригъ своихъ собратьевъ по университету и утопился. Но хуже всѣхъ и постыдѣе всего для представителей университетской науки была судьба, уготовленная ими величайшему изслѣдователю въ области физики 19-го вѣка Роберту Майеру, открывшему и численно провѣрившему законъ сохраненія силы (см. стр. 91). Майеръ, простой врачъ въ Гейльброннѣ (въ Германіи), въ 1842 году едва добился напечатанія своей статьи, содержащей великое открытіе, въ одномъ ученомъ журналѣ и не былъ признанъ на своей родинѣ; ученые журналы и газеты даже предостерегали публику отъ «мнимаго открытія доктора медицины Майера». Но когда черезъ три года то же самое открытіе уже въ болѣе грубой формѣ сдѣлано было въ Англіи (Джоулемъ) и когда Майеръ сталъ говорить о своемъ первенствѣ и о своихъ правахъ на признание, то стали распространять слухи о томъ, что Майеръ помѣшанный и страдаетъ «маніей величія». Воспользовались тѣмъ, что однажды Майеръ въ припадкѣ тоски покушался на самоубійство. Съ помощью жены и родныхъ Майера, ничего не понимавшихъ въ его открытіи, Майера засадили въ сумасшедшій домъ, гдѣ и продержали 16 мѣсяцевъ, подвергая обычнымъ въ то время съ сумасшедшими пыткамъ и заставляя признать нелѣпость своихъ претензій на какое-то великое открытіе. Майеръ спасенъ былъ отъ полного забвенія другимъ великимъ нѣмецкимъ мыслителемъ Евгеніемъ Дюрингомъ, который вступился за него и заставилъ признать его заслуги цѣною собственнаго мѣста въ Берлинскомъ университетѣ, гдѣ онъ преподавалъ до того 14 лѣтъ. Дюрингъ въ 1877 году былъ уволенъ по жалобѣ за дѣлаго имъ извѣстнаго физика и физиолога Гельмгольца, который черезъ 5 лѣтъ уже послѣ появле-

нія статьи Майера написалъ свою статью на ту же тему, но ни словомъ не упомянулъ о Майерѣ, а впоследствии также заявлялъ претензію на открытіе великаго закона. Въ борьбѣ съ Дюрингомъ Гельмгольцъ не нашелъ иного средства, какъ постыдно пожаловаться на него министру¹⁾.

Несмотря на всѣ старанія поддержать его, ученіе Птолемея не смогло выдержать повѣрки разумомъ. Наблюденія надъ планетами все накоплялись; появлялись противорѣчія съ ученіемъ, и наконецъ, ихъ накопилось столько, что поддерживать ученіе дольше стало невозможно. Главное затрудненіе для ученія Птолемея состояло въ томъ, что движеніе планетъ на самомъ дѣлѣ неравномѣрно, и синодическіе обороты планетъ неполнѣ равны между собою. Чтобы обойти это затрудненіе и все-таки не отказаться отъ мысли о равномѣрномъ круговомъ движеніи, греческіе астрономы помѣщали землю не въ центрѣ круга D (см. рис. 60), но нѣсколько въ сторонѣ отъ него. Однако, это не помогло. Планетъ было не одна, а пять, и для каждой приходилось помѣщать землю въ различную точку, а это было уже явной нелѣпостью. Чтобы опять обойти затрудненіе, стали надъ прежними кругами надстраивать новые круги, такъ что къ 16 столѣтію этихъ круговъ для пяти планетъ, луны и солнца было уже больше 75. Ясно стало, что ученіе Птолемея невѣрно.

Однако, понадобился геній великаго чело-вѣка, чтобы устранить старое ученіе и замѣнить его новымъ, болѣе вѣрнымъ. Этотъ чело-вѣкъ былъ Николай

¹⁾ Объ этой постыдной для гг. ученыхъ исторіи писалъ нашъ знаменитый критикъ Н. К. Михайловскій въ статьѣ „Скандалъ въ Берлинскомъ университетѣ“ („Отеч. Зап.“ 1877 г., ноябрь), а также П. Т—нинъ въ журналѣ „Слово“ (февр. 1878 г.).

Коперникъ (1473—1543 г.). Еще въ молодости Коперникъ пристрастился къ астрономіи, которую изучалъ въ итальянскихъ университетахъ (родомъ онъ самъ былъ изъ Пруссіи); и онъ былъ пораженъ безпорядкомъ, запутанностью и сложностью ученія Птолемея.



Рис. 61. Коперникъ.

объясняетъ всѣ видимыя движенія небесныхъ свѣтилъ. Нужны были длинныя вычисленія, требовавшія много труда и времени; эти труды заняли у Коперника 23 года, но и потомъ до самой своей смерти Коперникъ продолжалъ провѣрять свои вычисленія и совершенствовать свою систему. Только на смертномъ одрѣ уже получилъ Коперникъ первые отпечатанные листы своей книги, которая называлась такъ:

«Объ обращеніяхъ небесныхъ шаровъ Николая Коперника шесть книгъ». Такое странное названіе было дано книгѣ однимъ изъ послѣдователей Коперника, который боялся, что книга подвергнется преслѣдованію, и думалъ, что такимъ темнымъ заглавіемъ можно прикрыть ея опасное по тогдашнему времени содержаніе. Книга говорила вовсе не объ обращеніи какихъ-то шаровъ, а объясняла движенія планетъ движеніемъ земли; о движеніи же земли и было тогда опасно говорить. Самъ Коперникъ не торопился съ изданіемъ книги и даже не желалъ этого, думая, что ее мало кто пойметъ. Только настоятельныя просьбы друзей, знавшихъ о его великомъ ученіи, побудили его позволить, чтобы одинъ изъ учениковъ его издалъ небольшой очеркъ новаго ученія, а подъ конецъ жизни напечатать и всю книгу.

Ученіе Коперника имѣло громадное значеніе: съ него началось развитіе новой астрономіи, а затѣмъ и всего новаго естествознанія. Самая важная сторона этого ученія состояла въ томъ, что оно устраняло полуторатысячелѣтній предразсудокъ ученыхъ о неподвижности земли, что оно вывело землю изъ неподвижнаго положенія въ центрѣ вселенной и устранило этимъ запутанное ученіе Птолемея о сложныхъ круговыхъ движеніяхъ. Движенія планетъ объяснялись теперь гораздо проще. Посмотримъ, въ чемъ состояло ученіе Коперника.

Уже въ первой и второй бесѣдѣ (см. «Общедоступные очерки изъ области астрономіи», выпускъ I: «О формѣ и движеніи земли») было объяснено, что суточное вращеніе всѣхъ небесныхъ свѣтилъ и годовое движеніе солнца—кажущіяся явленія и происходятъ вслѣдствіе движенія земли, котораго мы не замѣчаемъ, такъ

какъ сами движемся вмѣстѣ съ землею. Подобное же объясненіе Коперникъ приложилъ и къ болѣе сложному вопросу о движеніи планетъ. Главная суть объясненія и здѣсь состоитъ въ томъ, что мы только тогда замѣчаемъ свое собственное движеніе, когда кругомъ насъ имѣются предметы, которые остаются по отношенію къ намъ неподвижными, не участвуютъ въ нашемъ движеніи. Если же такихъ предметовъ нѣтъ, или если мы почему-либо не замѣчаемъ неподвижности ихъ, то мы или вовсе не замѣтимъ своего движенія, или намъ покажется, что предметы движутся въ направленіи, обратномъ нашему. Напримѣръ, если въ каютѣ спокойно движущагося парохода спустить шторы и не смотрѣть на берега, то кажется, что пароходъ неподвиженъ. Если же глядѣть изъ окна быстро движущагося вагона на полотно дороги, то кажется, что полотно бѣжитъ навстрѣчу намъ, а если взглянуть тутъ же на далекіе предметы въ полѣ, то кажется еще, что весь видимый горизонтъ вращается въ томъ направленіи, въ какомъ бѣжитъ полотно дороги. Во-

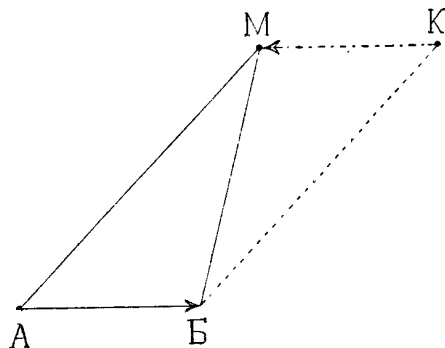


Рис. 62. Кажущееся движеніе.

обще дѣло объясняется такъ. Пусть наблюдатель *A* (рис. 62) движется въ направленіи *AB* и черезъ нѣкоторое время приходитъ въ точку *B*. Онъ наблюдаетъ отдаленный неподвижный предметъ *M*, о которомъ не можетъ рѣшить прямо, движется этотъ предметъ или

неподвиженъ, такъ же, какъ не можетъ замѣтить и собственного движенія. Что тогда выйдетъ? Когда наблюдатель придетъ въ *B*, онъ ожидаетъ увидѣть предметъ *M*, въ томъ же самомъ направленіи, въ какомъ видѣлъ его раньше, т.-е. въ направленіи *BK*, параллельномъ прежнему направленію *AM*. Между тѣмъ, теперь направленіе на предметъ уже измѣнилось и стало *BM*. Но наблюдатель не знаетъ, что направленіе на предметъ измѣнилось вслѣдствіе его собственного движенія. Ему и будетъ казаться, что передвинулся предметъ изъ точки *K* въ точку *M*, т.-е. въ сторону, обратную той, куда передвинулся наблюдатель.

Посмотримъ теперь, какъ объяснить движеніемъ земли движенія планетъ, прямые и обратные.

Возьмемъ Меркурія или Венеру. Эти двѣ планеты называются нижними, такъ какъ онѣ ближе къ солнцу, чѣмъ земля, и потому пути ихъ движенія или орбиты находятся внутри земной орбиты. Что это такъ, видно изъ того, что Венера и Меркурій проходятъ между землею и солнцемъ и тогда не бываютъ видимы, такъ какъ обращены къ землѣ темной, неосвѣщенной своей стороною. Предположимъ для простоты, что и земля, и Венера движутся по кругамъ, солнце—въ центрѣ круговъ, а плоскости круговъ совпадаютъ. Напримѣръ, пусть и земля, и Венера движутся въ одной и той же плоскости нашего чертежа (см. рис. 63).

Для начала возьмемъ моментъ, когда Венера проходитъ между землею и солнцемъ и находится на одной прямой линіи съ ними; на чертежѣ 63 это будетъ положеніе *C—B—З*. Это положеніе назовемъ нижнимъ соединеніемъ Венеры съ солнцемъ, такъ какъ въ это время планета видна въ одномъ на-

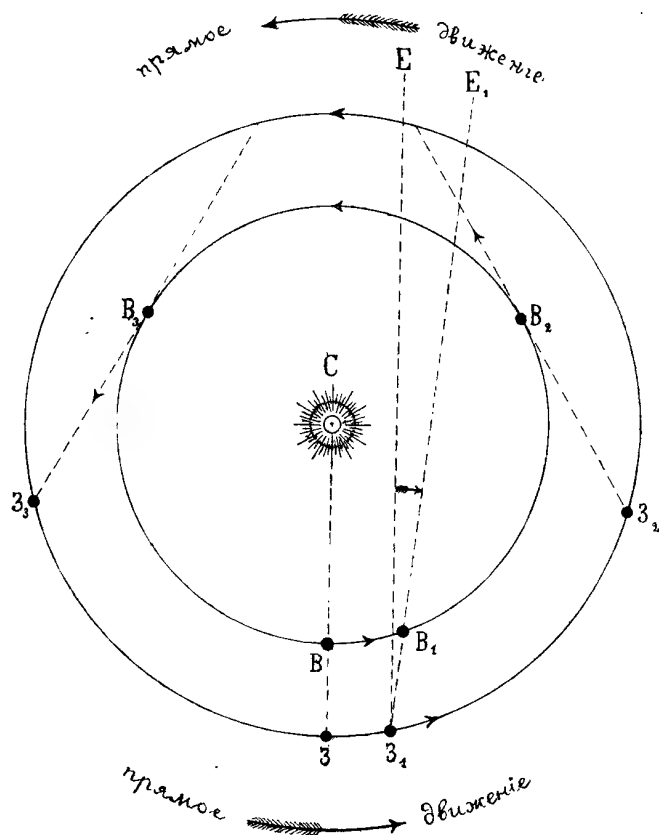


Рис. 63. Объяснение движения нижней планеты.

правлении съ солнцемъ, скрывается въ его лучахъ, и наблюдать ея нельзя. И земля, и Венера движутся въ одномъ и томъ же направленіи, указанномъ стрѣлкой вверху и внизу чертежа. Солнце, какъ объяснено было во второй бесѣдѣ, будетъ казаться движущимся среди звѣздъ въ томъ же направленіи, какъ и земля. Это и понятно, если вспомнить рисунокъ 62: земной

наблюдатель Z движется въ направленіи отъ Z къ Z_1 , но не замѣчаетъ своего движенія. Поэтому солнце, какъ неподвижный предметъ, должно казаться движущимся обратно, т.-е. по направленію верхней стрѣлки. Но вверху чертежа направленіе движенія самой земли будетъ идти именно по верхней стрѣлкѣ; значить, кажущееся вращеніе солнца произойдетъ въ томъ же направленіи, какъ и вращеніе земли. Это направленіе и наз. прямымъ. Перейдемъ теперь къ движенію Венеры.

Наблюденіе показываетъ, что во время нижняго соединенія ея движеніе среди звѣздъ обратное (см. рисунокъ 59, положеніе 23 іюня). Если предположить, что Венера движется быстрѣе земли, т.-е. совершаетъ полный оборотъ вокругъ солнца въ меньшее время, то такъ и выйдетъ. Черезъ нѣкоторое время послѣ нижняго соединенія Венера придетъ въ точку V_1 , земля въ точку Z_1 , и направленіе на Венеру Z_1V_1 будетъ непараллельно прежнему ZB , а отклонится отъ него вправо на уголъ EZ_1E_1 (здѣсь Z_1E параллельно ZB). Это отклоненіе выходитъ обратное кажущемуся движенію солнца (верхняя стрѣлка), т.-е. обратное прямому движенію. Теперь возьмемъ новое положеніе земли и Венеры: B_2Z_2 , когда направленіе на Венеру есть касательная линія къ орбитѣ Венеры. Тогда Венера движется прямо отъ наблюдателя, и если бы наблюдатель не двигался, то она казалась бы неподвижной. Но наблюдатель движется въ прежнемъ направленіи; значить, ему будетъ казаться, что Венера передвинулась среди звѣздъ въ обратномъ направленіи, а именно, въ томъ же, въ какомъ кажется движущимся солнце; это будетъ движеніе прямое. Слѣдовательно, переходя изъ положенія B въ положеніе B_2 , Венера измѣнила направленіе своего движенія среди

звѣздъ изъ обратнаго въ прямое. Отсюда ясно, что гдѣ-нибудь между этими двумя положеніями должна была произойти кажущаяся остановка планеты. Раньше нижняго соединенія ($C-B-Z$) также было положеніе, когда направленіе съ земли на Венеру Z_3V_3 было касательное къ орбитѣ Венеры, и движеніе Венеры казалось прямымъ. Такъ какъ послѣ того (въ точкѣ B) движеніе стало обратнымъ, то, значитъ, между положеніями B_3 и B была еще другая остановка планеты. Такимъ образомъ объясняются вполнѣ прямые и обратныя движенія и остановки нижнихъ планетъ. Точно такъ же объясняются движенія остальныхъ планетъ, называемыхъ верхними, которыхъ орбиты находятся внѣ орбиты земли. Предлагаемъ читателю самому убѣдиться въ томъ, что движеніе земли вполнѣ объясняетъ прямые и обратныя движенія и остановки верхнихъ планетъ. Нужно предположить только, что верхнія планеты движутся медленнѣе земли и начать объясненіе съ того момента, когда верхняя планета находится въ противостояніи съ солнцемъ, т.е. когда она находится на одной линіи съ землею и солнцемъ, но въ сторонѣ, противоположной солнцу. Тогда окажется, какъ и слѣдуетъ изъ наблюдений, что во время противостоянія движеніе планеты обратное.

Теперь становится понятнымъ, почему движеніе планетъ у Птолемея складывалось изъ двухъ круговыхъ движеній. На самомъ дѣлѣ каждая планета движется по кругу D , вокругъ солнца (см. рис. 60), а кругъ Z , движущійся по кругу D , есть не что иное, какъ орбита самой земли. Мы движенія земли не замѣчаемъ и переносимъ его на планету, приписываемъ ей еще второй кругъ движенія. Вотъ почему и выходитъ вдвойнѣ круговое движеніе, вотъ отчего и ка-

жется, что планеты движутся по петлеобразнымъ кривымъ.

Когда стало яснымъ, что планеты, какъ и земля, движутся вокругъ солнца, то стало возможнымъ опредѣлить и относительныя разстоянія ихъ отъ солнца, т.е. опредѣлить, во сколько разъ одна планета дальше другой. Оказалось, что планеты располагаются такъ: ближе всѣхъ къ солнцу Меркурій, затѣмъ идутъ Венера, Земля, Марсъ, малыя планеты, Юпитеръ, Сатурнъ; впослѣдствіи въ томъ же порядкѣ разстоянія прибавились Уранъ и Нептунъ. Относительныя разстоянія планетъ Коперникъ вычислилъ по тому же способу, какой указанъ въ бесѣдѣ III для опредѣленія разстоянія до недоступнаго предмета. Пусть, на примѣръ, на рис. 64 мѣста солнца, Венеры и земли

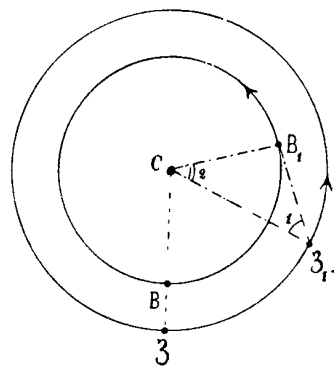


Рис. 64. Опредѣленіе относительнаго разстоянія планеты.

въ извѣстный моментъ будутъ C , B_1 и Z_1 , а положеніе $C-B-Z$ изображаетъ нижнее соединеніе Венеры съ солнцемъ. Изъ наблюдений можно опредѣлить обозначенный цифрою 1 уголъ при центрѣ земли Z_1 ; этотъ уголъ изобразить разницу между направленіями на солнце и на Венеру; затѣмъ будетъ извѣстенъ уголъ, означенный цифрою 2; этотъ уголъ указываетъ, на сколько градусовъ (минутъ и секундъ) Венера опередила землю со времени нижняго соединенія $C-B-Z$. Этотъ уголъ мы всегда будемъ знать, если знаемъ время полного оборота земли ($365\frac{1}{4}$ сут.) и Венеры. На примѣръ, мы знаемъ, что время полного оборота

земли есть $365\frac{1}{4}$ сутокъ, а время полного оборота Венеры, какъ увидимъ дальше, около 225 сутокъ. Пусть со времени нижняго соединенія прошло 65 сутокъ. Полный кругъ содержитъ 360 градусовъ. Значить, Венера за сутки пройдетъ уголъ въ 360, дѣленные на 225, или въ $\frac{8}{5}$ градуса, а въ 65 сутокъ—104 градуса. Земля же за сутки проходитъ 360, дѣленные на 365, или $\frac{72}{73}$ градуса, а за 65 сутокъ около 64 градусовъ. Стало быть, Венера опередитъ землю на уголъ приблизительно въ 40 градусовъ; это и будетъ уголъ 2. Когда уголъ 1 и 2 опредѣлены, стоитъ только въ любомъ масштабѣ начертить треугольникъ CZ_1V_1 и узнать по чертежу или вычислить, во сколько разъ разстояніе CV_1 меньше разстоянія CZ_1 . Такимъ образомъ выходитъ, что если принять разстояніе земли за 10, то разстоянія другихъ планетъ будутъ приблизительно таковы:

для Меркурія	4
» Венеры	7
» Земли.	10
» Марса.	15
» малыхъ пл.	19—43
» Юпитера	52
» Сатурна	95
» Урана.	192
» Нептуна	300

Времена полныхъ оборотовъ планетъ, которыя нужны были здѣсь Копернику, онъ вычислилъ изъ очень простыхъ соображеній. Онъ зналъ изъ длиннаго ряда наблюдений, накопившихся со временъ грековъ, синодическіе обороты планетъ (см. стр. 117). Это промежутки времени, черезъ которые для нижнихъ планетъ, напримѣръ, повторяется нижнее соединеніе, а для верхнихъ—противостояніе (см. стр. 127 и 130). Среднія

величины этихъ оборотовъ приведены на стр. 117. Время синодического оборота планеты, конечно, не равно времени ея полного оборота, потому что время полного оборота земли не равно точно времени полного оборота ни одной изъ планетъ или цѣлому числу этихъ временъ. Поэтому, когда послѣ нижняго соединенія или противостоянія планеты земля сдѣлаетъ одинъ полный оборотъ, верхняя планета сдѣлаетъ меньше, а нижняя планета сдѣлаетъ больше одного оборота, даже двухъ или трехъ оборотовъ, но не точно одинъ, два или три оборота. Значить, тогда земля и планета не будутъ уже находиться на одной прямой линіи съ солнцемъ, и пройдетъ еще нѣкоторое время, пока онѣ опять стануть на одну линію съ солнцемъ. Происходитъ то же, что съ совпаденіемъ часовой и минутной стрѣлки часовъ. Чтобы понять, какъ нужно вычислять времена полныхъ оборотовъ планетъ, приведемъ примѣръ вычисленія для Венеры. Время ея синодического оборота равно 584 суткамъ. За это время земля сдѣлаетъ полный оборотъ слишкомъ, т.-е. пройдетъ 360 градусовъ да еще столько градусовъ, сколько придется на 584—365 или на 219 сутокъ (выйдетъ больше 216 градусовъ). Венера же за это время сдѣлаетъ, очевидно, ровно однимъ или ровно двумя, тремя и т. д. оборотами больше. Примемъ, что ровно однимъ оборотомъ больше. Значить, она пройдетъ дважды 360 градусовъ да еще 216 градусовъ и тогда только снова станетъ на одну линію съ землей и солнцемъ. Чтобы землѣ пройти столько же градусовъ, сколько сдѣлала Венера за 584 сутокъ, потребовалось бы, очевидно, кромѣ 584, еще свыше 365 сутокъ (еще одинъ полный оборотъ), т.-е. всего 949 сутокъ съ небольшимъ. Выходитъ поэтому, что Венера пробѣгаетъ въ 584 сут. столько же градусовъ, сколько

земля въ 949 сутокъ; слѣдовательно, время ея полнаго оборота составляетъ $\frac{584}{949}$ доли времени полнаго оборота земли. Поэтому, чтобы найти время полнаго оборота Венеры, нужно $365\frac{1}{4}$ сутокъ умножить на 584 и произведение раздѣлить на 949. Получится около 225 сутокъ. Возьмемъ теперь верхнюю планету, напимѣрь, Марсъ. Его синодическій оборотъ содержитъ 779 сутокъ, т.е. больше двухъ лѣтъ. Земля сдѣлаетъ за это время два полныхъ оборота слишкомъ, а Марсъ ровно однимъ оборотомъ меньше. То число градусовъ, на которое землѣ придется догнать Марсъ послѣ перваго полнаго оборота, она пройдетъ въ 779 — 365, т.е. въ 414 сутокъ, а Марсъ то же число градусовъ проходитъ въ 779 сутокъ; значитъ, время полнаго оборота Марса составляетъ $\frac{779}{414}$ времени полнаго оборота земли, или около 687 сутокъ.

Такимъ путемъ получаютъ слѣдующія времена для полныхъ оборотовъ планетъ:

для Меркурія	88	сут.
» Венеры	225	»
» Марса	687	»
» Земли	$365\frac{1}{4}$	»
» Юпитера	12	лѣтъ (безъ 50 сут.).
» Сатурна	$29\frac{1}{2}$	»
» Урана	84	года
» Нептуна	165	лѣтъ.

Видно, что, чѣмъ дальше планета отъ солнца, тѣмъ больше время ея полнаго оборота и тѣмъ меньше скорость ея движенія. Что скорость движенія уменьшается, ясно изъ того, что діаметры орбитъ планетъ, а потому и длины орбитъ возрастаютъ въ меньшей степени, чѣмъ вре-

мена оборотовъ. Напимѣрь, діаметръ орбиты Юпитера только въ 5 слишкомъ разъ больше діаметра земной орбиты, а время обращенія больше почти въ 12 разъ.

Чтобы запомнить относительныя разстоянія планетъ отъ солнца, германскій астрономъ Бодэ придумалъ особое правило. Нужно взять рядъ чиселъ

0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192

и прибавить къ каждому по 4: выйдутъ числа

4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196,

которыя весьма приблизительно представляютъ относительныя разстоянія планетъ до Урана включительно. Въ 16-мъ и 17-мъ вѣкахъ этому правилу придавали большое значеніе, и такъ какъ на разстояніи 28 не было извѣстно никакой планеты, то думали, что она непременно должна быть здѣсь найдена. Въ 1801 году планета была дѣйствительно открыта случайно итальянскимъ астрономомъ Пиацци и имѣла приблизительно такое разстояніе. Однако, впоследствии въ томъ же пространствѣ между Марсомъ и Юпитеромъ постепенно было открыто множество планетъ, и теперь число ихъ доходитъ до 700. Это — такъ называемыя малыя планеты. Разстоянія ихъ не оправдываютъ правила Бодэ и колеблются между 19 и 43. Правило Бодэ совершенно уже непримѣнимо къ Нептуну: его разстояніе по правилу выходитъ 388, а на самомъ дѣлѣ оно равно 300; поэтому знаменитое правило — лишь случайное совпаденіе чиселъ.

Если бы мы пожелали изобразить планетную систему на чертежѣ въ извѣстномъ масштабѣ, то можно было бы поступить такъ. Вокругъ центра, обозначающаго солнце, описать кругъ радіусомъ, напимѣрь, въ 1 футъ. Это будетъ орбита Меркурія. Далѣе, кругъ радіуса въ $1\frac{3}{4}$ фута изобразить орбиту Венеры, кругъ

радіуса въ $2\frac{1}{2}$ фута — орбиту Земли, въ $3\frac{3}{4}$ фута — орбиту Марса, въ 7 фут. — орбиту одной изъ малыхъ планетъ, въ 13 фут. — орбиту Юпитера, въ 24 фута — орбиту Сатурна, въ 48 футъ — орбиту Урана, въ 75 фут. (почти 11 саж.) — орбиту Нептуна. Чтобы дополнить картину планетной системы, нужно было бы принять въ расчетъ спутники планетъ. Такихъ спутниковъ у Земли — 1 (луна), у Марса — 2, у Юпитера — 8, у Сатурна — 10, у Урана — 4 и у Нептуна — 1. Конечно, подобный чертежъ только приблизительно можетъ изобразить дѣйствительную планетную систему. На самомъ дѣлѣ орбиты планетъ, какъ увидимъ дальше, — не круги, но овалы, эллипсы; солнце находится не въ центрѣ этихъ круговъ, и расположены орбиты вокругъ солнца весьма различно. Кромѣ того, орбиты вовсе не лежатъ въ одной плоскости, между ихъ плоскостями имѣются различные (небольшіе) углы или наклонности. Въ этомъ послѣднемъ смыслѣ положенія орбитъ всѣхъ планетъ принято относить къ орбитѣ земли. Плоскость орбиты земли называется эклиптикой. Наклонности орбитъ большихъ планетъ къ эклиптикѣ невелики: самой большой наклонностью, въ 7 градусовъ, обладаетъ орбита Меркурія; но наклонности нѣкоторыхъ малыхъ планетъ достигаютъ почти 35 градусовъ (у Паллады). Точно также овальность (или сжатость) формы орбитъ невелика для большихъ планетъ, и ихъ орбиты не слишкомъ отличаются отъ круговыхъ, но бываетъ довольно велика у малыхъ планетъ.

Коперникъ считалъ орбиты планетъ вполне круговыми и движеніе равномернымъ. Чтобы объяснить видимую неравномерность движенія планетъ, онъ помещалъ солнце въ сторонѣ отъ центровъ орбитъ, но этого оказалось недостаточно, и Копернику пришлось оставить свыше 30 птолемеевыхъ вспомогательныхъ

круговъ (см. рис. 60, кругъ Э). Это показываетъ, что ученіе Коперника далеко не вполне точно согласовалось съ дѣйствительностью. Но оно значительно упрощало всѣ вычисленія и приводило теорію въ достаточное согласіе съ тогдашними наблюденіями. Ученикъ Коперника Эразмъ Рейнгольдъ вычислилъ таблицы, по которымъ можно было предсказывать напередъ, въ какомъ мѣстѣ небосвода будетъ находиться каждая планета въ любой будущій моментъ, или сказать, гдѣ она находилась въ какой-либо прошлый моментъ. Такія предсказанія можно было дѣлать по Рейнгольдовымъ таблицамъ съ точностью до 10 минутъ дуги. Чтобы ясно представить себѣ, что это значитъ, можно вообразить, на примѣръ, что кругъ радіуса въ аршинъ удаленъ отъ нашего глаза приблизительно на 115 сажень. Тогда радіусъ круга будетъ виденъ подъ угломъ почти въ 10 минутъ. Значитъ, предсказывая положеніе планеты на небосводѣ по таблицамъ Рейнгольда, можно было сдѣлать ошибку въ предѣлахъ пространства, занимаемого въ нашемъ опытѣ такимъ кругомъ, т. е. вмѣсто центра круга указать точку на окружности или любую точку внутри круга (вродѣ того какъ, на примѣръ, стрѣляя въ кругъ съ разстоянія въ 115 сажень, можно попасть не въ центръ, а въ любую точку круга).

Однако, главное значеніе ученія Коперника заключалось не въ этомъ, не въ точности предсказаній. Главное дѣло было въ мысли о движеніи земли, которая подкрѣплялась этими предсказаніями. Коперникъ показалъ своимъ ученіемъ, что движеніе земли гораздо лучше объясняетъ всѣ факты видимыхъ движеній планетъ, чѣмъ ученіе Птолемея съ неподвижной землею въ центрѣ. Ученіе Коперника было важно тѣмъ, что разрушало тысячелѣтніе предрассудки и со-

вершенно измѣняло понятія людей о мірѣ, который ихъ окружаетъ. Большая разница, считать ли землю въ центрѣ вселенной, внутри какихъ-то тѣсныхъ хрустальныхъ сферъ, на которыхъ прикрѣплены солнце, луна и планеты, или считать землю одной изъ движущихся вокругъ солнца планетъ, а міръ — вмѣстѣ съ



Рис. 65. Джордано Бруно.

Джордано Бруно — неизмѣримымъ по величинѣ пространствомъ, въ которомъ разбросаны всюду звѣзды — солнца громадныхъ размѣровъ, окруженные планетами. Большая разница, представлять ли себѣ міръ чѣмъ-то неподвижнымъ, вѣчно неизмѣннымъ, или представлять его себѣ въ вѣчномъ движеніи и измѣненіи, гдѣ ни наше солнце, ни одна звѣзда — солнце не остаются неподвижными и неизмѣнными, но движутся съ громадными скоростями; гдѣ каждая звѣзда развивается постепенно (отъ холодной слабо свѣтящейся туманности до яркаго солнца) и затѣмъ потухаетъ, превращаясь въ темное тѣло, подобное землѣ; гдѣ жизнь и разумъ не сосредоточены на одномъ земномъ шарѣ, но царятъ и въ другихъ мірахъ, окружаю-

щихъ звѣзды — солнца. Коперникъ еще не осмѣливался вести свое ученіе такъ далеко. Но это сдѣлалъ вскорѣ послѣ него сожженный на кострѣ великій мыслитель и мученикъ астрономіи Джордано Бруно (1548—1600 г.), свободной мысли котораго ученіе Коперника и дало прочную опору.

Ученіе Коперника послужило далѣе великому изслѣдователю природы Галилею опорой для борьбы съ предразсудками и суевѣріями современнаго ему ученаго сословія. Бруно и Галилей пострадали за это ученіе, но ихъ дѣло не погибло. Съ нихъ началось освобожденіе мысли новыхъ европейскихъ народовъ, началось развитіе европейской науки. Бруно былъ основателемъ новой философіи, т.-е. ученія о мірѣ и жизни, свободнаго отъ предразсудковъ и суевѣрій, основаннаго на научной правдѣ и на вѣрномъ пониманіи дѣйствительности. Галилей былъ основателемъ всего современнаго естествознанія, т.-е. всѣхъ наукъ, познающихъ природу и ея законы, основателемъ именно того, что одно только и способно дать ученію о мірѣ прочный фундаментъ, прочно обосновать его на дѣйстви-

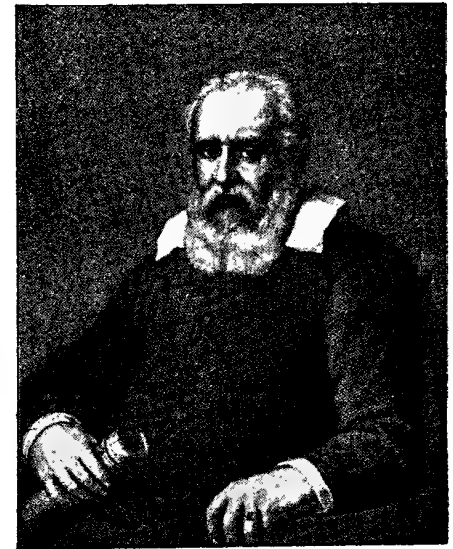


Рис. 66. Галилей.

тельных фактахъ и законахъ явленій. Съ этихъ поръ начинается быстрое развитіе европейской науки, въ особенности естествознанія и основанной на немъ техники, которая совершенно измѣнила всю жизнь народовъ земного шара. Благодаря Technikѣ, т.-е. примѣненію науки къ жизни, жизнь стала болѣе удобной, безопасной и дешевой, болѣе независимой отъ внѣшнихъ причинъ и слѣпыхъ силъ природы: человѣкъ постепенно сталъ все болѣе и болѣе овладѣвать этими силами и заставлять ихъ служить своимъ цѣлямъ. И чѣмъ больше будетъ основываться жизнь людей на разумѣ, на наукѣ, на вѣрномъ пониманіи себя самихъ и внѣшняго міра, а не на суевѣріяхъ и вѣрѣ въ навязанные съ дѣтства взгляды на міръ и жизнь, тѣмъ эта жизнь будетъ лучше, свѣтлѣе, человѣчнѣе; если только, конечно, и нравственныя качества людей, т.-е. ихъ добрыя отношенія другъ къ другу, ихъ пониманіе добра и зла, справедливаго и несправедливаго также будутъ идти впередъ, совершенствоваться и углубляться; безъ этого коренного условія имъ не поможетъ ни наука, ни техника.

Разумѣется, не нужно думать, что одно ученіе Коперника, одно основаніе новой науки о природѣ привело къ этимъ великимъ перемѣнамъ въ жизни народовъ. Были и другія, не менѣе могучія причины. Къ 15-му вѣку въ Европѣ выросло постепенно сословіе богатыхъ торговыхъ людей—горожанъ; накопились большіе капиталы, которые не находили себѣ примѣненія въ бѣдной еще и малонаселенной тогда Европѣ. Стали думать о новыхъ странахъ, о новыхъ богатствахъ, которыя можно было бы добыть съ помощью этихъ капиталовъ. Стали искать морского пути въ Индію, о богатствахъ которой ходили самые баснословные слухи. Отыскивая такой путь, Христофоръ Колумбъ случайно от-

крылъ въ 1492 году новый материкъ, новую часть свѣта—Америку, и съ тѣхъ поръ началось изслѣдованіе странъ всего земного шара, начался рядъ великихъ кругосвѣтныхъ путешествій, совершенно измѣнившихъ понятія людей о томъ, что такое земля, на которой они жили уже десятки тысячъ лѣтъ. Началась оживленная торговля со всѣми странами и народами міра, начались переселенія избытковъ европейскаго населенія въ эти страны, колонизація этихъ странъ,—однимъ словомъ, начался глубокій переворотъ въ экономической жизни Европы. Къ сожалѣнію только, все это великое движеніе сопровождалось порабощеніемъ и угнетеніемъ, даже прямо поголовнымъ истребленіемъ туземныхъ, мало развитыхъ и дикихъ обитателей новыхъ странъ, яко бы во славу Божию, во славу христіанства (такъ какъ они были язычники), а на самомъ дѣлѣ—изъ-за самыхъ звѣрскихъ корыстныхъ цѣлей.

Около того же времени былъ изобрѣтенъ порохъ, который совершенно измѣнилъ веденіе военнаго дѣла, привелъ къ созданію постоянныхъ армій въ рукахъ властителей государствъ, помогъ уничтожить рыцарство и ослабить бывшее громадное значеніе дворянскаго сословія. Теперь стало быстро расти значеніе промышленнаго и торговаго класса людей, которому суждено было къ концу 18-го вѣка завладѣть властью въ государствахъ Европы. Но и это еще не все.

Въ томъ же 15-мъ вѣкѣ (около 1455 г.) было изобрѣтено книгопечатаніе—могучее средство для повсемѣстнаго и быстрого распространенія европейской науки и образованія среди массъ народа (вмѣсто прежнихъ рукописныхъ книгъ). А въ 16-мъ вѣкѣ великій проповѣдникъ новаго религіознаго ученія Мартинъ Лю-

теръ (1483—1546) поднялъ, наконецъ, голосъ и противъ самого папы, сталъ учить, что безбожно вовсе не то, противъ чего предостерегала католическая церковь, безбожна именно слѣпая вѣра въ папу и его непогрѣшимость. Римскіе папы уже утратили къ тому времени свое бывшее свѣтское значеніе, когда они повелѣвали императорами и заставляли ихъ въ одеждѣ кающихся грѣшниковъ выстаивать часы на молитвѣ (какъ суровый папа Григорій VII заставилъ это сдѣлать императора Генриха IV въ 1077 году). Они и ихъ приближенные, главные римскіе священники, постепенно превратились въ роскошно живущихъ развратниковъ и лихоимцевъ, питавшихся на счетъ слѣпой вѣры простыхъ людей: они продавали прощеніе будущихъ грѣховъ за деньги, продавали за большую мзду духовныя должности. А чтобы держаться крѣпче и подольше вести пріятную распутную жизнь, они старались всѣми силами укрѣплять суевѣріе и не допускать критики своего ученія, не допускать свободной мысли, свободнаго изслѣдованія, свободнаго слова. Постепенно многимъ стала ясна безправственность жизни папъ, многіе увидѣли ясно, что при папскомъ-то дворѣ и живутъ настоящіе безбожники, не вѣрившіе не только ни въ Бога, ни въ чорта, но и во все лучшее, нравственно высокое, во все благородное и доброе въ человѣкѣ, въ то самое, что человѣкъ и понимаетъ всегда подъ словомъ Богъ. Вотъ почему Мартинъ Лютеръ и поднялъ въ германскихъ земляхъ возстаніе противъ духовной власти папъ. Онъ увлекъ многихъ за собою и основалъ новую протестантскую религію, въ которой было устранено многое изъ прежнихъ и новыхъ суевѣрій католической вѣры; а главное, Лютеръ провозгласилъ право каждаго на критику, на свободную

мысль, на свободное изслѣдованіе (правда, больше на словахъ, чѣмъ на дѣлѣ, потому что его ближайшій другъ Меланхтонъ, напримѣръ, говорилъ, что слѣдовало бы примѣрно показывать по церковнымъ обычаямъ Коперника за ученіе о движеніи земли; Лютеръ же называлъ Коперника прямо «дуракомъ»).

Таковы были главныя причины великихъ перемѣнъ въ жизни новыхъ европейскихъ народовъ. Ученіе Коперника, положившее основаніе развитію европейской науки, было одною изъ этихъ великихъ причинъ.

Но наука не могла остановиться на томъ ученіи о движеніяхъ планетъ, которое содержалось въ книгѣ Коперника. Появились новыя наблюденія, новые факты, съ которыми ученіе Коперника оказалось въ противорѣчіи. Во второй половинѣ 16-го вѣка (1546—1601) жилъ одинъ изъ величайшихъ наблюдателей всѣхъ временъ, датчанинъ Тихо Браге. Онъ построилъ на свои средства прекрасную обсерваторію. Тихо Браге изобрѣлъ новыя болѣе точныя приборы и постепенно, къ концу жизни, накопилъ громадное



Рис. 66, bis. Тихо Браге.

количество новыхъ наблюдений надъ планетами. Для разработки этихъ наблюдений, т.-е. для повѣрки, насколько они согласуются съ теоріей, съ учениемъ о движеніи планетъ, насколько положенія планетъ на небосводѣ, предсказанныя по теоріи, совпадаютъ съ наблюденными имъ положеніями, Тихо Браге пригласилъ въ сотрудники молодого нѣмецкаго математика и астронома, прославившагося уже тогда своими способностями, Иоганна Кеплера.

Иоганнъ Кеплеръ (1571 — 1630 г.), наиболѣе значительный и гениальный изъ европейскихъ астрономовъ, происходилъ изъ незнатнаго рода. Его отецъ служилъ вольнонаемнымъ солдатомъ и пропалъ безъ вѣсти въ тридцатилѣтнюю войну, которая поднялась тогда между протестантскими и католическими государствами и захватила всю Европу. Мать его была малообразованная женщина; Кеплеру впоследствии пришлось даже спасать ее отъ нелѣпаго обвиненія въ колдовствѣ и отъ костра. Кеплеръ былъ слабаго здоровья, и его готовили къ духовному званію, но онъ смолodu полюбилъ науку и къ 23 годамъ уже сталъ профессоромъ математики и астрономіи въ одномъ изъ германскихъ университетовъ. Вся жизнь Кеплера является великой, поучительной картиной непрерывныхъ научныхъ трудовъ, глубокой, горячей преданности дѣлу научной правды; эта могучая любовь къ наукѣ позволила Кеплеру, благодаря гениальнымъ способностямъ и трудолюбію, достигнуть величайшихъ научныхъ завоеваній, однако, только цѣной цѣлаго ряда неудачъ и горькихъ разочарованій, въ которыхъ Кеплеръ самъ всегда искренне сознается въ своихъ книгахъ, но которыя не сломили его упорства, его горячей вѣры въ то, что природою и ея явленіями управляютъ вѣчные, неизбежные, простые, ясные, какъ день, законы.



Рис. 67. Кеплеръ.

При этомъ еще Кеплеру пришлось всю свою жизнь бороться съ нуждой, даже прямо съ нищетой (такъ какъ въ тѣ времена не очень-то цѣнились научные труды), а также съ невѣжествомъ и суевѣріями грубаго общества, которое его окружало. Кеплеръ умеръ въ бѣдности въ небольшомъ нѣмецкомъ городкѣ, простудившись въ путешествіи (верхомъ) за своимъ несчастнымъ жалованьемъ придворнаго астронома, которое ему не выдавалось по цѣлымъ годамъ.

Прибывъ къ Тихо Браге, Кеплеръ горячо и энергично принялся за разработку его наблюдений надъ планетами. Получивъ послѣ смерти Тихо Браге все его записи, Кеплеръ сталъ пристально изучать ихъ и сравнивать новыя наблюденія съ теоріей движеній планетъ по Копернику. Вскорѣ онъ убѣдился, что предположеніе Коперника о томъ, что движеніе планетъ равномерное и круговое, невѣрно. Повѣрку Кеплеръ производилъ, главнымъ образомъ, на планетѣ Марсъ, надъ которой у Тихо Браге было собрано множество весьма тщательныхъ наблюдений. Какъ ни провѣрялъ Кеплеръ свои вычисленія (повторяя ихъ иногда по 70 разъ), онъ не смогъ найти внутри орбиты земли такую точку, гдѣ бы слѣдовало помѣстить солнце, и такимъ образомъ вполнѣ объяснить видимыя неравномерности въ движеніяхъ земли и Марса. Послѣ многолѣтнихъ трудовъ, онъ рѣшилъ, наконецъ, отбросить предположеніе о равномерномъ круговомъ движеніи Марса и прямо изъ наблюдений вывести, по какой именно линіи движется планета.

Для этой цѣли ему нужно было слѣдующее: 1) указать, въ какомъ направленіи съ солнца былъ бы виденъ Марсъ въ различные моменты, и 2) узнать, на какомъ разстояніи отъ солнца онъ находился въ каждый изъ этихъ моментовъ. Послѣ этого оставалось бы только начертить эти направленія и разстоянія въ извѣстномъ масштабѣ на бумагѣ, соединить непрерывною линіей концы разстояній и изслѣдовать полученную кривую линію. Чтобы эти свѣдѣнія и особенно опредѣлить разстоянія между солнцемъ и Марсомъ стоило Кеплеру значительнаго труда и требовало большого математическаго таланта. Кеплеръ поступилъ здѣсь такъ, какъ математики приблизительно поступаютъ всегда, желая опредѣлить разстояніе между двумя недоступными предметами.

Положимъ, для простоты, что Марсъ M и земля Z , (см. рис. 68) движутся въ одной плоскости (скажемъ, въ плоскости чертежа). Земля, по предположенію Кеплера, двигалась по кругу, и Кеплеръ подробно изучилъ ее орбиту, такъ что во всякій моментъ могъ опредѣлить разстояніе между землей и солнцемъ, принявъ радиусъ орбиты за единицу. Онъ выбиралъ затѣмъ изъ наблюдений Тихо Браге надъ Марсомъ такія, которыя были от-

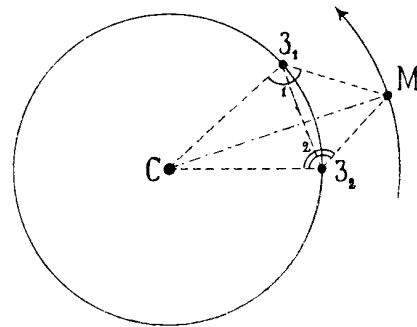


Рис. 68.

дѣлены другъ отъ друга промежутками времени въ 687 сутокъ. За это время Марсъ дѣлаетъ полный оборотъ вокругъ солнца и потому въ оба момента находится въ одной и той же точкѣ M . Земля же дѣлаетъ одинъ оборотъ слишкомъ (почти два) и оказывается въ двухъ различныхъ точкахъ Z_1 и Z_2 . При наблюдении съ этихъ точекъ Тихо Браге опредѣлилъ углы 1 и 2, выражавшіе разницу въ направленіяхъ съ земли на солнце и на Марсъ. Далѣе, Кеплеру были извѣстны разстоянія CZ_1 и CZ_2 , а потому онъ могъ точно начертить весь четырехугольникъ MZ_1CZ_2 и вычислить разстояніе CM . Получивъ цѣлый рядъ такихъ разстояній, Кеплеръ отложилъ ихъ на чертежѣ, въ необходимыхъ угловыхъ разстояніяхъ другъ отъ друга, вокругъ нѣкоторой точки C , изображавшей солнце (рис. 69); затѣмъ онъ провелъ черезъ концы разстояній (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) непрерывную кривую линію и увидѣлъ, что эта кривая —

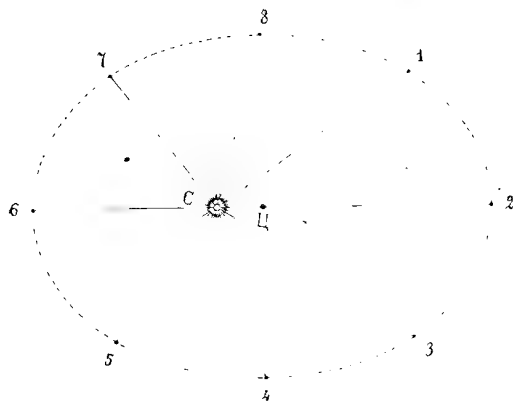


Рис. 69. Орбита Марса.

не кругъ, но эллипсъ. Чтобы понять, что это за кривая, вообразим себѣ, что нитка длиною больше, чѣмъ разстояние $\Phi_1\Phi$ (рис. 70), закреплена въ точкахъ Φ и Φ_1 концами и натянута на ка-

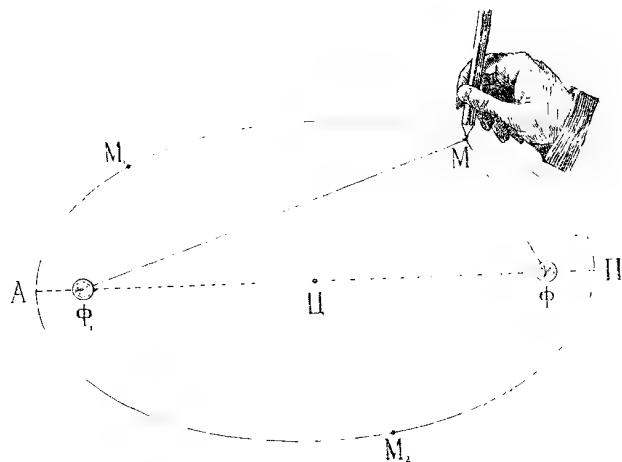


Рис. 70. Эллипсъ.

отъ точекъ Φ и Φ_1 всегда остается неизмѣнной. Если провести прямую черезъ Φ_1 и Φ , то получимъ на эллипсѣ двѣ точки Π и A . Сумма $M\Phi + M\Phi_1$ и равна всегда длинѣ $A\Pi$. Центромъ эллипса называется точка Π посрединѣ между Φ и Φ_1 , на прямой $A\Pi$. Точки Φ и Φ_1 называются фокусами эллипса. Разстояние точки на эллипсѣ M отъ какого-либо фокуса, напримѣръ Φ , при движеніи точки M по эллипсу, конечно, измѣняется. Наименьшимъ будетъ разстояние $\Pi\Phi$, наибольшимъ — $A\Phi$. Среднее между ними будетъ $\Pi\Pi$ (или ΠA). Эллипсъ будетъ тѣмъ болѣе сжатъ, тѣмъ больше будетъ отличаться отъ круга, чѣмъ больше разстояние $\Pi\Phi$ фокуса отъ центра при одной и той же длинѣ нити. Это разстояние, выраженное въ доляхъ средняго разстоянія $\Pi\Pi$, называется эксцентриситетомъ эллипса. Для Марса, напримѣръ, эксцентриситетъ равенъ почти $\frac{1}{10}$; это значитъ, что $\Pi\Phi$ составляетъ $\frac{1}{10}$ долю $\Pi\Pi$.

Такимъ образомъ Кеплеръ открылъ въ 1609 году свой первый законъ движенія планетъ. Этотъ законъ говоритъ:

Всѣ планеты движутся по эллипсамъ различныхъ размѣровъ, и солнце находится въ общемъ фокусѣ этихъ эллипсовъ.

Положеніе эллипса въ его плоскости будетъ зависеть отъ положенія его большой оси $A\Pi$, соединяющей ближайшее и самое отдаленное положеніе планеты отъ солнца. Ближайшее положеніе называется перигеліемъ, отдаленнѣйшее — афеліемъ. Рисунокъ 71 изображаетъ орбиты и положенія орбитъ четырехъ большихъ планетъ Меркурія, Венеры, Земли и Марса, если принять ихъ въ одной плоскости.

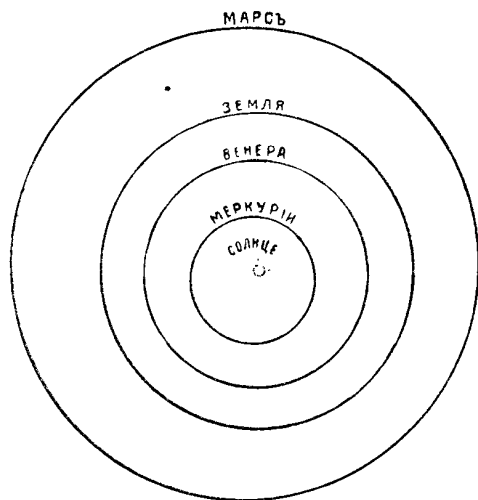


Рис. 71. Орбиты четырех планетъ.

ласа быстрѣе, проходила тѣмъ большую дугу эллипса. Но Кеплеръ былъ убѣжденъ, что и здѣсь существуетъ совершенно опредѣленный законъ. На эту мысль его наталкивало именно правильное уменьшеніе дугъ, пройденныхъ планетой, отъ перигелія (II) къ афелію (A). Наконецъ, послѣ долгихъ усилій Кеплеру пришло на мысль сравнить, между собою площади 1, 2, 3 и т. п., пройденныя линіей, соединяющей центры солнца и планеты, въ равныя промежутки времени (на рисункѣ 72 эти площади заштрихованы). Оказалось, что эти площади были равны между собою. Тогда Кеплеръ получилъ свой второй законъ.

Площади, пройденныя прямою, соединяющей центры планеты и солнца, за равныя промежутки времени, равны между собою.

Открывъ такимъ образомъ форму орбитъ планетъ, Кеплеръ задалъ себѣ вопросъ: какъ же именно движутся планеты по этимъ орбитамъ въ зависимости отъ времени? О равномерномъ движеніи не могло быть и рѣчи. Чѣмъ ближе была планета къ солнцу, тѣмъ она двига-

вблизи точки II разстоянія планеты наименьшія, зато дуга, пройденная, скажемъ, за сутки, наибольшая; вблизи точки A разстоянія наибольшія, зато дуга, пройденная за сутки, наименьшая; площади же 1 и 3 выходятъ равными.

Но Кеплера не удовлетворило открытіе двухъ изложенныхъ выше законовъ. Еще въ юности онъ былъ

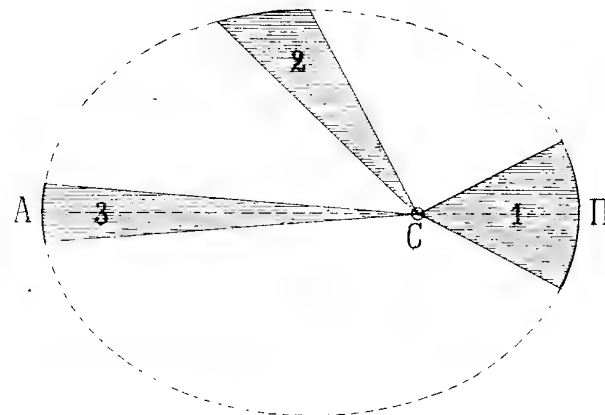


Рис. 72. Второй законъ Кеплера.

убѣжденъ, что существуетъ какой-то законъ, связывающій разстоянія планетъ отъ солнца и времени ихъ полныхъ оборотовъ вокругъ солнца. Что тутъ есть какая-то зависимость, ему ясно было изъ того, что, чѣмъ больше время оборота планеты, тѣмъ больше и ея разстояніе. Послѣ десятилѣтнихъ усилій, уже въ 1619 году ему удалось открыть и свой третій законъ. Онъ нашелъ слѣдующее. Если выразить всѣ среднія разстоянія планетъ въ доляхъ средняго разстоянія земли, а времена полныхъ оборотовъ въ доляхъ времени оборота земли, то получится такой общій законъ:

Если время оборота планеты возвысить въ квадратъ (умножить само на себя), а среднее разстояніе планеты возвысить въ кубъ (дважды умножить само на себя), то получатся числа равныя.

Это и есть третій законъ Кеплера. Напримѣръ, время оборота Юпитера равно $11 \frac{86}{100}$ года. Возвысивъ это число въ квадратъ, получимъ $140 \frac{7}{10}$. Среднее разстояніе Юпитера равно $5 \frac{2}{10}$ среднихъ разстояній земли. Возвысивъ это число въ кубъ, получимъ $140 \frac{6}{10}$. Результаты почти совпадаютъ.

Такъ были открыты Кеплеромъ три великихъ закона движеній планетъ. И эти законы навсегда остались исходными точками для вычисленія положеній планетъ. По третьему закону Кеплеръ прежде всего болѣе точно вычислилъ среднія разстоянія планетъ, зная времена ихъ полныхъ оборотовъ (послѣднія были и тогда уже извѣстны весьма точно). Далѣе, зная такимъ образомъ размѣры эллипсовъ для различныхъ планетъ и ихъ эксцентриситеты, достаточно знать еще положеніе каждой планеты на ея орбитѣ въ извѣстный моментъ, наприимѣръ, 1 января, чтобы по второму закону Кеплера указать положеніе планеты на орбитѣ для всякаго другого момента. А зная положеніе орбитъ въ пространствѣ, т.-е. относительно эклиптики (плоскости орбиты земли), можно указать положеніе планеты на небосводѣ въ любой моментъ. Такимъ путемъ Кеплеръ вычислилъ свои знаменитыя Рудольфинскія таблицы движеній планетъ, по которымъ еще сто лѣтъ послѣ него астрономы опредѣляли положенія планетъ. Эти таблицы отлично согласовались со всѣми тогдашними наблюденіями и были гораздо точнѣе таблицъ Рейнгольда. Съ помощью ихъ положеніе планеты на небосводѣ предсказывалось уже съ точностью не менѣе,

чѣмъ до 1 минуты дуги; а такую только точность и могли дать наблюденія невооруженнымъ глазомъ, т.-е. инструментами безъ трубъ, какими работали Тихо Браге.

Но наступило время, когда и прекрасныя таблицы Кеплера разошлись съ наблюденіями. Это произошло не потому, чтобы законы, открытые Кеплеромъ, были невѣрны, но потому, что обнаружилились небольшія отклоненія отъ этихъ, въ общемъ всегда вѣрныхъ, законовъ. Такія отклоненія были замѣчены уже послѣ того, какъ великій англійскій ученый Исаакъ Ньютонъ (см. стр. 29) обнаружилъ причину движеній планетъ и доказалъ, что въ движеніяхъ планетъ изъ-за этой причины должны получиться отклоненія отъ законовъ Кеплера.

Уже Кеплеръ былъ убѣжденъ, что существуетъ какая-то сила, управляющая движеніями планетъ, и что эта сила исходитъ отъ солнца, подобно магнитной силѣ изъ магнита; эта сила удерживаетъ планеты на ихъ орбитахъ и не позволяетъ имъ унестиcя въ безпредѣльное міровое пространство. Понятія Кеплера объ этой неизвѣстной силѣ были настолько уже ясны, что онъ постигалъ ея взаимность, т.-е. понималъ, что ею обладаетъ не только солнце, но и планеты. Онъ говорилъ, наприимѣръ, что если бы луна внезапно перестала двигаться вкругъ земли, то она стала бы двигаться по направленію къ землѣ, а земля по направленію къ лунѣ. При этомъ луна прошла бы до встрѣчи $\frac{53}{54}$ разстоянія между нею и землею, а земля только $\frac{1}{54}$. Но открыть законъ дѣйствія силы Кеплеру не удалось, такъ какъ общая наука о движеніи (механика) была тогда не разработана, и это великое открытіе выпало на долю Ньютона (1642—1727 г.).

Ньютону послѣ изслѣдованій о движеніи вообще, сдѣланныхъ Галилеемъ (1564—1642) и особенно голландцемъ Гюйгенсомъ (1629—1695), было уже совершенно ясно, что движеніе планетъ не можетъ су-



Рис. 73. Христіанъ Гюйгенсъ.

ществовать безъ причины, безъ участія силы, имъ управляющей. Безъ причины, безъ участія силы можетъ существовать только движеніе прямолинейное и равномерное; движеніе же планеты криволинейно и неравномерное, поэтому необходимо, чтобы на планету въ каждое мгновеніе дѣйствовала нѣкоторая сила, сталкивающая планету съ прямого пути и приближаю-

щая ее къ солнцу. Задумываясь надъ тѣмъ, что это за сила, Ньютонъ пришелъ къ мысли, что это есть притяженіе планеты къ солнцу. Это притяженіе заставляетъ каждую планету въ каждое мгновеніе падать, приближаться къ центру солнца, подобно тому какъ всѣ тѣла на землѣ падаютъ къ центру земли. Поэтому планеты и удерживаются приблизительно на одинаковомъ разстояніи отъ центра солнца, какъ луна около центра земли (см. бесѣду III, стр. 32—33). Если бы планеты вдругъ перестали двигаться вокругъ солнца, онѣ всѣ упали бы на солнце; а если бы солнце перестало притягивать ихъ, онѣ унеслись бы вдалѣ отъ него въ пространство. Дѣло происходитъ такъ. Планета II стремится двигаться по касательной $ПА$ къ своей орбитѣ (см. рис. 74), подобно тому какъ шаръ, движущійся по плоскости на нити кругомъ колышка, пойдетъ по касательной къ кругу, если внезапно перерѣзать нить. Черезъ секунду, скажемъ, планета, идя по касательной, пришла бы въ точку A . Но притяженіе приближаетъ планету къ солнцу, и если бы планета не двигалась кругомъ солнца, то въ ту же секунду она прошла бы путь $ПГ$. Повинуясь сразу обоимъ движеніямъ, планета пойдетъ по нѣкоторому

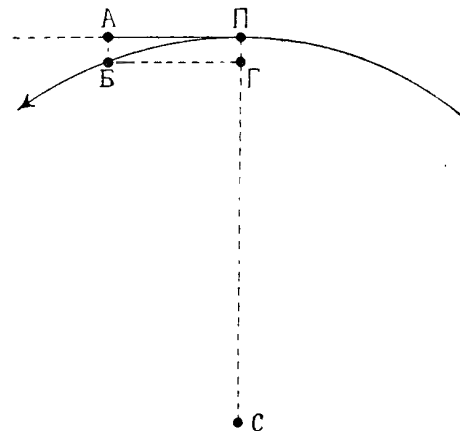


Рис. 74.

своей орбитѣ (см. рис. 74), подобно тому какъ шаръ, движущійся по плоскости на нити кругомъ колышка, пойдетъ по касательной къ кругу, если внезапно перерѣзать нить. Черезъ секунду, скажемъ, планета, идя по касательной, пришла бы въ точку A . Но притяженіе приближаетъ планету къ солнцу, и если бы планета не двигалась кругомъ солнца, то въ ту же секунду она прошла бы путь $ПГ$. Повинуясь сразу обоимъ движеніямъ, планета пойдетъ по нѣкоторому

среднему пути и придетъ въ точку *B*, а затѣмъ постепенно опишетъ полную замкнутую линію. Такова была главная мысль. Но ея одной было еще недостаточно. Нужно было рѣшить еще вопросъ, что это за сила и каковъ законъ ея дѣйствія, т.-е. какъ она дѣйствуетъ при различныхъ условіяхъ.

Размышляя надъ вопросомъ о томъ, какая сила можетъ удерживать луну на ея орбитѣ вокругъ земли, Ньютонъ пришелъ къ мысли, что это можетъ быть сила тяжести, которая заставляетъ всѣ тѣла на землѣ падать къ центру земли. У поверхности земли сила тяжести, какъ мы видѣли въ III бесѣдѣ (стр. 34), заставляетъ свободно падающее тѣло проходить въ первую секунду 16 футъ. Когда Ньютонъ затѣмъ вычислилъ, зная разстояніе луны отъ земли и время ея полного оборота, какой путь луна проходитъ въ секунду по направленію къ центру земли (на рис. 74 это и будетъ, напримѣръ, путь *PI*), то оказалось всего только $\frac{1}{19}$ доля дюйма. Значитъ, сила тяжести уменьшается съ разстояніемъ. Это было первое важное открытіе. Оставалось рѣшить, въ какой мѣрѣ происходитъ уменьшеніе. Сравнивая числа $\frac{1}{19}$ дюйма и 16 футъ, найдемъ, что второе больше перваго въ 3600 разъ; разстояніе же отъ луны до центра земли, какъ извѣстно, больше земного радіуса въ 60 разъ. Число 3600 есть 60×60 . Выходитъ, что, когда разстояніе отъ центра земли увеличивается въ 60 разъ, путь, пройденный падающимъ тѣломъ въ первую секунду, уменьшается въ 60 въ квадратѣ разъ. Ньютонъ проверилъ этотъ выводъ на планетахъ, и всюду выводъ подтвердился. Такъ, напримѣръ, если сдѣлать подсчетъ для Земли, Марса и Юпитера, то окажется слѣдующее. Земля проходитъ въ первую минуту по направленію къ центру солнца путь въ

412 дюймовъ, Марсъ — въ 179 дюймовъ, Юпитеръ въ $15\frac{1}{4}$ дюймовъ. Число 412 больше числа 179 въ $2\frac{3}{10}$ раза. Возьмемъ разстояніе Марса отъ солнца, выраженное въ доляхъ разстоянія земли. Оно равно $1\frac{52}{100}$. Помножимъ это число само на себя (возвысимъ въ квадратъ), выйдетъ также $2\frac{3}{10}$. Число 412 больше числа $15\frac{1}{4}$ въ 27 разъ. Разстояніе Юпитера составляетъ $5\frac{2}{10}$ разстоянія земли. Возвысивъ $5\frac{2}{10}$ въ квадратъ, найдемъ опять число 27. Значитъ, законъ вѣренъ; его можно проверить и на остальныхъ планетахъ и на ихъ спутникахъ. Всегда съ увеличеніемъ разстоянія въ 2, 3, 4, 5 и т. д. разъ, путь, пройденный падающимъ тѣломъ въ первую единицу времени, уменьшается въ 2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 и т. д. разъ. Такимъ образомъ Ньютонъ доказалъ, что сила тяжести дѣйствуетъ не только на поверхности земли, но и между всѣми небесными свѣтилами. Силу эту онъ назвалъ притяженіемъ или тяготѣніемъ и доказалъ относительно ея общій законъ: сила притяженія между двумя тѣлами измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія между ними.

Далѣе Ньютонъ вполне подтвердилъ мысль Кеплера о томъ, что сила притяженія взаимна: если земля притягиваетъ луну и заставляетъ ее описывать орбиту вокругъ себя, то и луна, въ свою очередь, притягиваетъ землю и заставляетъ ее обращаться въ одно и то же время вокругъ нѣкоторой точки внутри земного шара (см. бесѣду III, стр. 39). И притомъ земля и луна притягиваютъ другъ друга съ равной силой. Это нужно понимать такъ. Въ землѣ количество вещества, матеріи, количество матеріальныхъ частицъ, или масса, въ 80 разъ больше массы луны, но зато путь, который земля вслѣдствіе притяженія

прошла бы въ первую секунду по направленію къ лунѣ, въ 80 разъ меньше, чѣмъ путь, который прошла бы луна по направленію къ землѣ. Сила взаимнаго притяженія измѣряется заразъ и массой тѣла и путемъ, который оно проходитъ въ первую секунду, а именно, ихъ произведеніемъ. Въ обоихъ случаяхъ это произведеніе будетъ одно и то же.

Итакъ, Ньютонъ показалъ, что сила притяженія есть всеобщая, универсальная сила и дѣйствуетъ между любыми двумя тѣлами прямо пропорціонально ихъ массамъ и обратно пропорціонально квадрату разстоянія между ними. Это значитъ: если массу одного тѣла увеличить или уменьшить въ нѣсколько разъ, то сила притяженія тоже увеличится или уменьшится во столько же разъ; а если разстояніе увеличить или уменьшить въ 2, 3, 4, 5 и т. д. разъ, то сила притяженія уменьшится или увеличится въ 2×2 , 3×3 , 4×4 , 5×5 и т. д. разъ. Сила притяженія не зависитъ ни отъ чего другого, кромѣ массъ тѣлъ и разстояній между ними. Она дѣйствуетъ всегда и безусловно на всякомъ разстояніи и между любыми массами. И этимъ своимъ дѣйствіемъ на тѣла при всякихъ условіяхъ сила притяженія отличается отъ другихъ міровыхъ силъ, которыя, какъ, на примѣръ, свѣтовое, тепловое движеніе частицъ, электричество, магнетизмъ, проявляются только при извѣстныхъ условіяхъ, болѣе сложныхъ.

Вотъ въ чемъ состояло великое открытіе Ньютона, великій законъ всеобщаго тяготѣнія.

Послѣ открытія этого закона стало ясно, что движенія планетъ не могутъ подчиняться вполнѣ строго законамъ Кеплера и должны нѣсколько уклоняться отъ нихъ. Каждая планета, отдѣльно взятая, если бы

не было остальныхъ планетъ, двигалась бы строго согласно съ первымъ и вторымъ законами Кеплера. Но планетъ много, и по закону Ньютона каждая изъ нихъ должна притягивать всѣ остальные. Эти притяженія и должны нарушать правильное движеніе планетъ по законамъ Кеплера, производить небольшія уклоненія отъ этого движенія; планеты, на примѣръ, описываютъ уже не эллипсы, но весьма сложныя кривыя, причемъ планета то нѣсколько приближается къ солнцу, то удаляется отъ него сравнительно съ разстояніемъ, которое было бы при строгомъ движеніи по эллипсу. Такимъ образомъ опять понадобилось исправить теорію, построенную на законахъ Кеплера, и привести ее въ согласіе съ наблюденіями. Эта работа занимала умы Ньютона и цѣлаго ряда послѣдующихъ великихъ математиковъ и астрономовъ. Она привела къ цѣлому ряду блестящихъ выводовъ и открытій, подтвердившихъ великій законъ тяготѣнія.

Прежде всего, для того чтобы вычислять уклоненія планетъ отъ движенія по законамъ Кеплера, было необходимо умѣть вычислять величину силы, съ которою одна планета дѣйствуетъ на другую. А такъ какъ эта сила зависитъ не только отъ разстоянія, но и отъ массъ планетъ, отъ количества вещества въ нихъ, то нужно было научиться вычислять массы планетъ. Эту удивительную задачу можно назвать взвѣшиваніемъ планетъ, такъ какъ, узнавая, во сколько разъ масса одной планеты больше массы другой планеты, мы, въ сущности, узнаемъ, во сколько разъ одна планета вѣсила бы больше другой, если бы мы взвѣшивали ихъ при одинаковыхъ условіяхъ, на примѣръ, на поверхности земного шара. И взвѣшиваніе это астрономы производятъ, конечно, не на обыкновенныхъ вѣсахъ, а путемъ вычисленія

при помощи закона Ньютона, такъ сказать, на вѣсахъ математики. Посмотримъ, какъ могутъ они это дѣлать.

Попробуемъ сравнить массы земли и солнца. Какъ здѣсь поступить? Земля притягиваетъ луну, солнце притягиваетъ землю. Сравнимъ путь, который заставляетъ дѣлать землю луну въ первую секунду по направлению къ своему центру, съ путемъ, который заставляетъ дѣлать солнце землю по направлению къ своему центру также въ первую секунду (см. рис. 74, путь *ПГ*). Первый путь составляетъ около $\frac{1}{19}$ дюйма, второй — около $\frac{23}{200}$ дюйма. Можно ли, зная только эти пути, прямо узнать, во сколько разъ масса солнца больше массы земли? Нѣтъ, нельзя. Эти пути зависятъ не только отъ массъ земли и солнца, но и отъ разстоянія луны отъ земли и земли отъ солнца. А эти разстоянія далеко не одинаковы. Какъ мы знаемъ, разстояніе между центрами земли и солнца въ 390 почти разъ больше разстоянія между центрами земли и луны. Значитъ, числа $\frac{1}{19}$ и $\frac{23}{200}$ дюйма мы сравниваемъ не при одинаковыхъ условіяхъ дѣйствія притягательной силы. Нужно сравнивать притяженія на одинаковыхъ разстояніяхъ. Тогда только разницу между полученными числами придется приписать именно разницѣ въ массахъ земли и солнца, и задача будетъ рѣшена. Какъ же теперь уравнивать разстоянія? Это легко сдѣлать, принимая въ расчетъ законъ Ньютона. Вообразимъ, что земля приближена къ солнцу на такое же разстояніе, на какомъ луна находится отъ земли, т.-е. стала въ 390 разъ ближе къ солнцу, чѣмъ есть на дѣлѣ. Каковъ будетъ тогда путь, пройденный землею по направлению къ солнцу въ первую секунду? По закону Ньютона, онъ будетъ уже не $\frac{23}{200}$ дюйма, но въ $390 \times 390 = 152100$ разъ

больше. Это выйдетъ приблизительно 17.500 дюймовъ. Значитъ, на одномъ и томъ же (лунномъ) разстояніи солнце заставило бы землю пройти 17500 дм., а земля заставляетъ луну пройти всего только $\frac{1}{19}$ дюйма. Почему такая разница? Потому, что количество притягивающихъ частицъ, т.-е. масса солнца больше массы земли. Число 17.500 слишкомъ въ 330 тысячъ разъ больше числа $\frac{1}{19}$. Значитъ, и масса солнца въ 330 тысячъ слишкомъ разъ больше массы земли.

Такимъ образомъ были найдены массы всѣхъ планетъ, имѣющихъ спутниковъ; а массы Меркурія и Венеры, не имѣющихъ спутниковъ, найдены были по тѣмъ отклоненіямъ, которыя онѣ производятъ въ движеніи другъ друга и сосѣдней съ ними Земли. Этотъ послѣдній способъ даже точнѣе указаннаго выше. И онъ позволяетъ не только вычислить массы, зная разстояніе между планетами, но и наоборотъ, зная приблизительно массы, опредѣлить разстоянія; напримѣръ, зная массы солнца, земли и луны и разстояніе луны отъ земли, можно довольно точно опредѣлить разстояніе отъ земли до солнца. Впослѣдствіи, когда отклоненія въ движеніяхъ планетъ отъ законовъ Кеплера будутъ извѣстны изъ наблюденій весьма точно, этотъ способъ дастъ самую точную величину разстояніе между землею и солнцемъ. Нужно только знать, каково разстояніе луны отъ земли, а это разстояніе и нынѣ уже извѣстно съ точностью, по крайней мѣрѣ, до 50 верстъ.

Теперь, когда узнали относительныя массы планетъ и знали объемы планетъ, судя по ихъ разстояніямъ и видимымъ діаметрамъ (см. бес. III, стр. 11), можно было опредѣлить относительныя плотности планетъ, т.-е. узнать, во сколько разъ, въ

среднемъ, вещество одной планеты плотнѣе вещества другой. Но этого было бы мало для сужденія о томъ, какова же на самомъ дѣлѣ плотность каждой планеты (и солнца), съ плотностью какого тѣла, твердаго, жидкаго или газообразнаго она имѣетъ сходство. Такъ какъ плотности всѣхъ планетъ и солнца естественно было сравнивать съ плотностью земного шара, то и слѣдовало прежде всего опредѣлить среднюю плотность земли по отношенію къ плотности какого-нибудь намъ извѣстнаго тѣла. Такимъ тѣломъ выбирается чаще всего чистая (дистиллированная) вода при температурѣ въ 4 градуса по Цельсію (когда плотность воды наибольшая); ея плотность и принимается за единицу. Вода есть тѣло однородное, т.-е. плотность ея можно принять одинаковой во всѣхъ ея частяхъ. Наоборотъ, земля неоднородна, состоитъ изъ болѣе плотныхъ и менѣе плотныхъ частей, и потому можно говорить только о средней плотности земного шара. Одинъ англійскій ученый Кэвендишъ (1731 — 1810) сумѣлъ остроумнымъ способомъ, опираясь на законъ Ньютона, опредѣлить и эту среднюю плотность земли. Его способъ состоялъ въ слѣдующемъ.

Кэвендишъ бралъ два небольшихъ равныхъ свинцовыхъ шарика *A* и *B* и укрѣплялъ ихъ на концахъ деревяннаго стержня (см. рис. 75). Стержень подвѣшивался за средину на тонкой проволоцѣ. Затѣмъ, съ большою осторожностью, къ малымъ свинцовымъ шарикамъ придвигали по большому свинцовому шару *B* и *Г*, такъ чтобы стержень проходилъ между ними. Тогда большіе шары притягивали къ себѣ малые, и стержень приходилъ въ медленное колебательное движеніе, подобно маятнику. Отсчитывалось, сколько колебаній дѣлаетъ стержень въ извѣстный промежутокъ вре-

мени (напр., въ минуту). Еще Гюйгенсъ показалъ, что, зная время колебанія такого стержня, можно вычислить силу притяженія большого шара по отношенію къ малому, т.-е. на примѣръ, высчитать, какой путь проходитъ малый шаръ по направленію къ большому въ первую секунду. Это будетъ, конечно, весьма малое, едва замѣтное разстояніе, и потому опытъ нужно производить съ большою осторожностью, въ закрытомъ мѣстѣ, чтобы точно замѣтить продолжи-

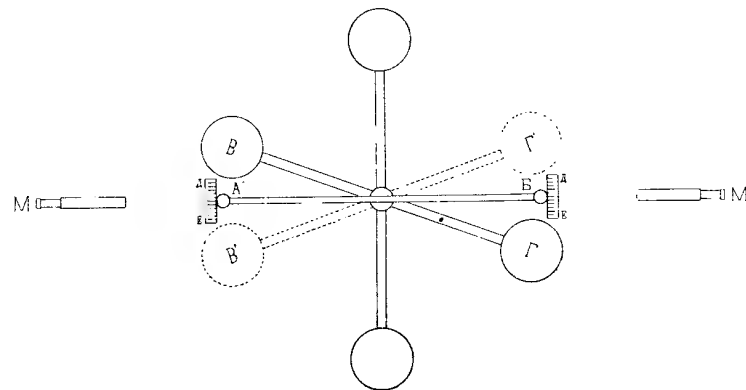


Рис. 75. Опытъ Кэвендиша.

тельность очень незначительныхъ колебаній стержня. Теперь, зная разстоянія между центрами большого и малаго шара, можно высчитать (по закону Ньютона), каковъ былъ бы путь, пройденный малымъ шаромъ, если бы его отодвинули отъ большого на разстояніе, равное радіусу земного шара. Получится чрезвычайно малая величина. Земля же, какъ мы знаемъ, на такомъ же разстояніи заставляетъ малый шаръ, при свободномъ паденіи, пройти въ первую секунду 16 футъ. Сравнивая эти пути, найдемъ, во сколько разъ масса земли больше массы большого шара; а такъ какъ

плотность свинца по отношенію къ плотности воды извѣстна, то отсюда легко уже вычислимъ среднюю плотность земли по отношенію къ водѣ. Для этого нужно знать только, во сколько разъ объемъ земного шара превосходитъ объемъ большого шара въ опытѣ. Такимъ путемъ Кэвендишъ и нашелъ, что средняя плотность земли въ $5\frac{1}{2}$ разъ больше плотности воды. Это значитъ, что если бы земной шаръ былъ весь изъ воды, то онъ вѣсилъ бы въ $5\frac{1}{2}$ разъ меньше, чѣмъ вѣситъ на самомъ дѣлѣ.

Послѣ этого уже нетрудно было узнать, какова средняя плотность планетъ и солнца. Нужно было знать только ихъ объемы и массы. Напримѣръ, зная, что объемъ солнца въ 1400 тысячъ разъ больше объема земли, а масса только въ 330 тысячъ разъ больше, легко сообразить, что средняя плотность солнца въ 4 раза меньше средней плотности земли, а потому она составляетъ немного больше, чѣмъ $\frac{5}{4}$ доли плотности воды, почти равна ей.

Но самое блестящее приложеніе законъ Ньютона нашелъ для себя въ вычисленіи тѣхъ уклоненій, которыя получаются въ движеніяхъ планетъ по законамъ Кеплера вслѣдствіе взаимныхъ притяженій планетъ. Уже Ньютонъ показалъ, какъ можно приблизительно вычислять эти уклоненія и такимъ образомъ болѣе точно предсказывать напередъ положеніе каждой планеты на ея орбитѣ и на небосводѣ. Но только послѣ работъ гениальнаго величайшаго математика новаго времени, француза Жозефа Луи Лагранжа (1736 — 1813 г.) стало возможнымъ точно вычислять эти уклоненія. Главнымъ созданіемъ Лагранжа была теоретическая или, какъ онъ называлъ ее, аналитическая механика, въ которой имъ были изложены способы вычислять взаимныя положенія всякаго рода

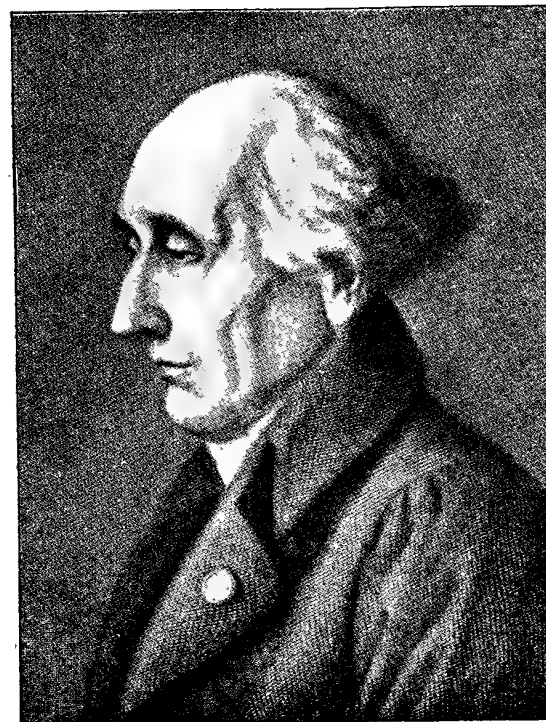


Рис. 76. Лагранжъ.

тѣлъ при всевозможныхъ условіяхъ, т.е. при движеніи ихъ подѣ вліяніемъ силъ, дѣйствующихъ по любому закону. Эти общіе способы вычисленій Лагранжъ и приложилъ затѣмъ къ движенію планетъ и рѣшилъ такимъ образомъ приближенно труднѣйшую знаменитую задачу о трехъ тѣлахъ. Дѣло въ томъ, что, изучая движеніе какой-либо планеты, напр., земли, мы должны принимать въ расчетъ притяженія, которыя оказываютъ на нее всѣ прочія планеты. Подѣ

вліяніемъ этихъ притяженій земля и будетъ уклоняться отъ точнаго движенія по законамъ Кеплера. Эти уклоненія были названы возмущеніями. По законамъ механики оказывается возможнымъ вычислять не заразъ всѣ возмущенія отъ дѣйствія всѣхъ планетъ вмѣстѣ, но вычислять послѣдовательно возмущенія, производимыя каждой отдѣльной планетой, и затѣмъ уже складывать ихъ по извѣстнымъ правиламъ. Такимъ образомъ, изучая движеніе земли, всегда можно разсматривать только три тѣла: солнце, землю (возмущаемая планета) и одну изъ прочихъ планетъ (возмущающая планета). Получается задача о трехъ тѣлахъ. Эта задача представляетъ для математика непреодолимую трудности. И рѣшить ее для нашей планетной системы оказалось возможнымъ только вслѣдствіе особенныхъ свойствъ этой системы. Дѣло въ томъ, что массы всѣхъ планетъ по сравненію съ массой солнца весьма незначительны: масса наибольшей изъ планетъ Юпитера составляетъ меньше $\frac{1}{1050}$ доли массы солнца, и масса солнца въ 750 разъ превосходить массы всѣхъ планетъ, вмѣстѣ взятыхъ. Разстоянія же между планетами весьма значительны. Поэтому возмущающія силы выходятъ весьма малыми, ничтожными по сравненію съ притягательной силою солнца. Напримѣръ, наиболѣе значительное вліяніе Юпитера на сосѣднюю планету Сатурнъ не достигаетъ и $\frac{1}{150}$ доли вліянія солнца на Сатурнъ. Возмущенія въ движеніяхъ планетъ получаются весьма малыми, и потому ихъ оказывается возможнымъ вычислить путемъ приближеній. Способъ вычисленія и былъ изобрѣтенъ Лагранжемъ.

Лагранжу удалось доказать еще одну важную и интересную вещь. Онъ показалъ, что наша планетная система есть система устойчивая, т.-е. что, не-

смотря на уклоненія вслѣдствіе возмущеній, планеты въ общемъ навсегда сохранять ту величину и форму орбитъ и то расположеніе вокругъ солнца, которое имѣютъ теперь, такъ какъ рано или поздно онѣ возвращаются къ своимъ прежнимъ положеніямъ. Напримѣръ, эксцентриситетъ земной орбиты теперь уменьшается и будетъ уменьшаться еще 24 тысячи лѣтъ, а затѣмъ станетъ увеличиваться, но тоже только до извѣстнаго предѣла. Вопросъ этотъ не безынтересенъ для обитателей земли. Вѣдь можно было бы подумывать, что взаимныя возмущенія произведутъ въ расположеніи планетъ такія глубокія измѣненія, что даже жизнь на землѣ станетъ невозможной или затруднительной (напримѣръ, если бы разстояніе земли отъ солнца все время увеличивалось или если бы эксцентриситетъ земной орбиты все время возрасталъ, т.-е. орбита дѣлалась бы все болѣе и болѣе растянutoй).

Способы вычисленій, данные Лагранжемъ, послужили затѣмъ основаніемъ для наиболѣе замѣчательнаго, самаго удивительнаго астрономическаго открытія 19-го вѣка. Въ 1846 году была открыта планета Нептунъ, но уже не съ помощью телескопа, какъ былъ открытъ въ 1781 году Уранъ, но на основаніи только математическихъ расчетовъ. Положеніе новой планеты было предсказано, вычислено заранее, и планета была найдена на указанномъ мѣстѣ. Этотъ подвигъ ума человѣческаго совершили два замѣчательныхъ астронома-математика: французъ Леверрье и англичанинъ Адамсъ.

Существованіе какой-то планеты, находящейся дальше Урана, подозрѣвалось уже давно. Дѣло было здѣсь въ слѣдующемъ. Знаменитый французскій астрономъ-математикъ Лапласъ (1749 — 1827 г.) по способамъ, даннымъ Лагранжемъ и имъ самимъ, вычислилъ воз-

мущенія всѣхъ планетъ, до Урана включительно, въ замѣчательномъ громадномъ сочиненіи «Небесная механика». Ученикъ и усердный сотрудникъ Лапласа Буваръ (1767—1843) по способамъ Лапласа вычислилъ на много лѣтъ впередъ положенія всѣхъ планетъ, солнца и луны на небосводѣ.



Рис. 77. Лапласъ.

Но уже къ 20-мъ годамъ 19-го вѣка оказалось, что движеніе Урана почему-то расходится съ таблицами Бувара. Расхожденіе достигало 2 минутъ дуги, тогда какъ точность наблюдений того времени дошла уже до нѣсколькихъ десятыхъ долей секунды (даже одной десятой ея доли). Чтобы понять, какъ велика такая точность, вообразите, что кругъ діаметромъ въ аршинъ удаленъ отъ вашего глаза на 206.265 аршинъ или на $137\frac{1}{2}$ верстъ. Тогда кругъ будетъ виденъ подъ угломъ въ одну секунду, а если удалить его на 1375 верстъ, уголъ уменьшится до $\frac{1}{10}$ доли секунды. Расхожденіе въ 2 минуты было недопустимо. Доискиваясь причины его, астрономы и пришли къ мысли, что оно должно происходить отъ возмущеній неизвѣстной планеты, находящейся за Ураномъ. Буваръ

не зналъ объ ея существованіи и потому не могъ принять въ расчетъ ея дѣйствія на Урана; его таблицы и должны были поэтому постепенно разойтись съ дѣйствительностью. Такъ время прошло до 1844 года, когда за рѣшеніе труднаго вопроса взялся молодой французскій астрономъ Леверрье (1811—1877). Въ два года онъ успѣлъ вновь перевычислить таблицы Бувара и исправить ихъ; одна эта работа съ подготовительными вычислениями составила 5 громадныхъ томовъ въ листъ величиной по 2300 страницъ въ каждомъ томѣ. Затѣмъ Леверрье предстояло рѣшить такую задачу: зная, въ какомъ направленіи и насколько уклоняется Уранъ отъ мѣста, указаннаго въ таблицахъ, опредѣлить положеніе неизвѣстной планеты, которая производитъ это уклоненіе. Задача была рѣшена имъ блестяще. 23 сентября 1846 года Леверрье послалъ письмо въ Берлинъ, гдѣ въ то время составлялась подробная карта звѣзднаго неба, и просилъ искать планету на указанномъ имъ мѣстѣ. Астрономъ Галле направилъ телескопъ на указанное мѣсто и нашелъ звѣздочку 8-й величины, не означенную на картѣ, всего только въ разстояніи 52 минутъ (меньше градуса) отъ указаннаго Леверрье мѣста. На слѣдующій день оказалось, что звѣздочка имѣетъ собственное движеніе, и такимъ образомъ неслыханное въ исторіи астрономіи открытіе планеты при помощи одного только вычисления совершилось. Адамсъ (1819—1892) былъ тогда еще студентомъ и блестяще рѣшилъ ту же задачу, даже нѣсколькими мѣсяцами раньше Леверрье. Однако, его открытіе не было во-время принято во вниманіе его соотечественниками, и первенство осталось за Леверрье. Какъ трудно было бы открыть Нептунъ инымъ путемъ, при помощи телескопа, видно изъ того, что что уже дважды наблюдали за много лѣтъ передъ

тѣмъ, но принимали за звѣзду (его движеніе очень медленно).

Познакомившись съ законами движенія планетъ и съ безсмертными завоеваніями, сдѣланными умомъ человѣческимъ въ этой области, посмотримъ, что представляетъ собою каждая планета при наблюденіи ея въ телескопъ.

Ближайшая къ солнцу планета Меркурій движется на среднемъ отъ него разстояніи въ 55 милліоновъ верстъ, но это разстояніе можетъ увеличиваться на $\frac{1}{5}$ долю до 66 и уменьшаться на $\frac{1}{5}$ долю до 44 мил. в.; такъ какъ эксцентриситетъ орбиты Меркурія равенъ $\frac{1}{5}$ (наибольшій среди большихъ планетъ). Діаметръ Меркурія содержитъ 4500 верстъ, т.-е. равенъ приблизительно $\frac{3}{8}$ діаметра земли, а потому объемъ Меркурія равенъ приблизительно $\frac{1}{20}$ долѣ объема земли, масса же Меркурія составляетъ до $\frac{1}{17}$ массы земли. Поэтому Меркурій на $\frac{1}{6}$ долю плотнѣе земли и почти въ $6\frac{1}{2}$ разъ плотнѣе воды. Сила тяжести на поверхности Меркурія составляетъ меньше $\frac{1}{2}$ силы тяжести на землѣ [нужно $\frac{1}{17}$ (масса) умножить на $\frac{8}{3}$ въ квадратъ (обратная дробь діаметра въ квадратъ)]. Наблюдать Меркурій очень трудно. По причинѣ своей близости къ солнцу и того, что орбита его находится внутри орбиты земли, Меркурій не отходитъ отъ солнца дальше 29 градусовъ и потому прячется въ лучахъ утренней и вечерней зари. До сихъ поръ не удалось открыть на дискѣ Меркурія такихъ постоянныхъ пятенъ, которыя позволяли бы опредѣлить, вращается ли онъ на своей оси и во сколько времени. Точно также ничего нельзя опредѣленного сказать объ атмосферѣ Марса и о распредѣленіи климатовъ на его поверхности. Несомнѣнно только, что солнце свѣтитъ и грѣетъ на поверхности Меркурія почти въ 7 разъ сильнѣе, чѣмъ на поверхности земли.

Венера представляетъ собою наиболѣе яркое послѣ луны свѣтило нашего неба. Она не удаляется отъ солнца дальше 48 градусовъ и потому бываетъ видна не больше 4 часовъ послѣ заката и не больше 4 часовъ до восхода солнца. Она и носитъ поэтому названіе вечерней и утренней звѣзды. Ея среднее разстояніе равно почти 100 милліонамъ верстъ и измѣняется незначительно, такъ какъ эксцентриситетъ орбиты Венеры наименьшій среди большихъ планетъ (всего $\frac{7}{1000}$), и орбита почти не отличается отъ круга. Объемъ, масса и плотность Венеры немного меньше объема, массы и плотности земли. Существованіе атмосферы несомнѣнно обнаружено во время прохожденія Венеры по диску солнца. Во время

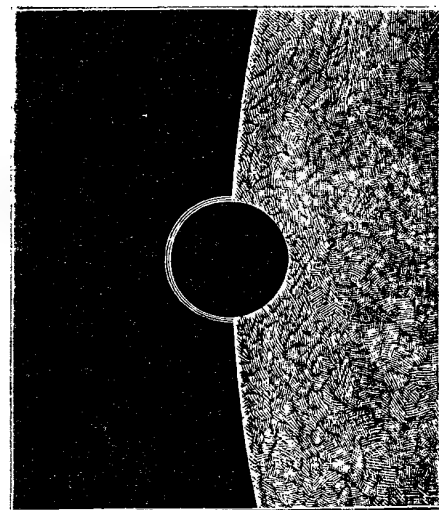


Рис. 78. Венера на дискѣ солнца.

нижняго соединенія Венера проходитъ между землей и солнцемъ. Вообще она проходитъ нѣсколько выше или ниже солнца, такъ какъ ея орбита наклонена къ орбитѣ земли (къ эклиптикѣ) на 3 слишкомъ градуса. Но иногда случается, что при нижнемъ соединеніи своимъ Венера находится почти на одной линіи съ землей и солнцемъ, и тогда она бываетъ видна на дискѣ солнца въ видѣ темнаго кружка. Это случается рѣдко, въ та-

комъ порядкѣ: черезъ 8, 122, 8 и 105 лѣтъ. Последнее такое прохожденіе было въ 1882 году, слѣдующее будетъ только въ 2004 году. И вотъ было замѣчено, что, когда Венера наполовину уже надвинулась на дискъ солнца, вокругъ другой ея половины стала видной свѣтлая кайма. Это несомнѣнно атмосфера, окружающая Венеру (см. рис. 78). Какъ показали наблюденія, эта атмосфера болѣе плотна, чѣмъ земная. Плотность атмосферы и яркость блеска Венеры помѣшали открыть на ней какія-либо постоянныя пятна, и время ея вращенія на оси до сихъ поръ достовѣрно неизвѣстно. Ничего опредѣленнаго нельзя сказать и о наклонности оси ея вращенія къ ея орбитѣ, а потому и о распредѣленіи климатовъ на поверхности Венеры.

Марсъ является красноватой звѣздой первой величины и представляетъ собою интереснѣйшую планету по обилію подробностей поверхности, которыя удалось изучить, благодаря близости Марса и выгоднымъ условіямъ для его наблюденія. Среднее разстояніе Марса отъ солнца содержитъ около 213 милліоновъ верстъ; при эксцентриситетѣ орбиты почти въ $\frac{1}{10}$, оно можетъ измѣняться отъ 193 до 233 милліоновъ верстъ. Удобнѣйшее время для наблюденій надъ Марсомъ — его противостояніе, когда онъ находится въ сторонѣ, противоположной солнцу, и потому въ полночь проходитъ черезъ меридіанъ. Ближайшее противостояніе случится 11 сентября 1909 г. Тогда Марсъ бываетъ ближе всего къ землѣ, и разстояніе его уменьшается до 73 милліоновъ верстъ. Иногда же, когда въ это время земля находится въ наиболѣе удаленной точкѣ своей орбиты отъ солнца, а Марсъ — въ наиболѣе близкой точкѣ (т.-е. земля въ афеліи, а Марсъ въ перигеліи), разстояніе отъ земли до Марса можетъ уменьшиться до 58 милліоновъ верстъ. Такія благоприятныя противо-

стоянія случаются черезъ 15 лѣтъ (напр., они были въ 1877, 1892, 1907 годахъ). Этими противостояніями астрономы пользуются не только для того, чтобы лучше изучить поверхность Марса, но и для того, чтобы опредѣлить точно его разстояніе, а по этому разстоянію вычислить разстояніе до солнца, такъ какъ извѣстно, что въ это время разстояніе до Марса составляетъ около $\frac{414}{1000}$ солнечнаго разстоянія. Разстояніе до Марса опредѣляютъ тогда по способу, указанному въ бесѣдѣ III для луны.

Пятна на дискѣ Марса замѣчены были еще Гюйгенсомъ, и сравненіе его рисунковъ съ нынѣшними показало, что многія пятна неизмѣнны. Эти пятна дали возможность точно опредѣлить время вращенія Марса и наклонъ оси его вращенія къ плоскости его орбиты. Оказалось, что время вращенія Марса равно 24 часамъ 37 минутамъ 23 секундамъ, а ось его вращенія наклонена къ его орбитѣ на 27 приблизительно градусовъ. Слѣдовательно, смѣна дня и ночи и распредѣленіе климатовъ на Марсѣ почти таковы же, какъ на земномъ шарѣ (наклонъ земной оси къ эклиптикѣ равенъ $23\frac{1}{2}$ градусамъ, см. бес. II: «Отчего происходитъ постоянная смѣна временъ года»). Діаметръ Марса составляетъ нѣсколько больше $\frac{1}{2}$ земного діаметра и содержитъ около 6350 верстъ. Объемъ Марса составляетъ около $\frac{1}{7}$ объема земли, масса — около $\frac{1}{10}$. Поэтому плотность Марса на $\frac{1}{4}$ почти меньше плотности земли. Сила тяжести на поверхности Марса составляетъ меньше половины и немного больше трети силы тяжести на поверхности земли. Атмосфера на Марсѣ несомнѣнна. Это видно прежде всего изъ того, что на полюсахъ Марса видны бѣлыя пятна (см. рис. 79), которыя становятся то больше, то меньше, смотря по тому, бываетъ ли въ данномъ полушаріи зима или

лѣто. Несомнѣнно, что эти пятна—осадки какихъ-то паровъ изъ атмосферы Марса, подобные нашимъ полярнымъ льдамъ. Но осадки ли это водяныхъ паровъ, или какихъ-либо другихъ, сказать трудно, хотя по видимому, атмосфера Марса дѣйствительно такого же состава, какъ и земная, только болѣе, быть можетъ, рѣдкая и болѣе прозрачная. Благодаря этой постоянной прозрачности и ясности атмосферы, на поверхности Марса видны многочисленныя темныя и свѣтлыя пятна, перерѣзанныя цѣлою сѣтью темныхъ, тошкихъ линий (рис. 80). Эти линии первый наблюдатель ихъ итальянецъ Кіапарелли (род. въ 1835 г.) называлъ проливами, думая, что это проливы, соединяющіе моря, за которыя онъ принялъ темныя пятна (свѣтлыя же пятна онъ считалъ материками). Такъ это или не такъ, сказать до сихъ поръ трудно. Несомнѣнно только, что изъ всѣхъ планетъ Марсъ обнаруживаетъ наибольшее сходство съ землей по устройству поверхности и по климатическимъ условіямъ. Только времена года на немъ почти вдвое длиннѣе земныхъ.

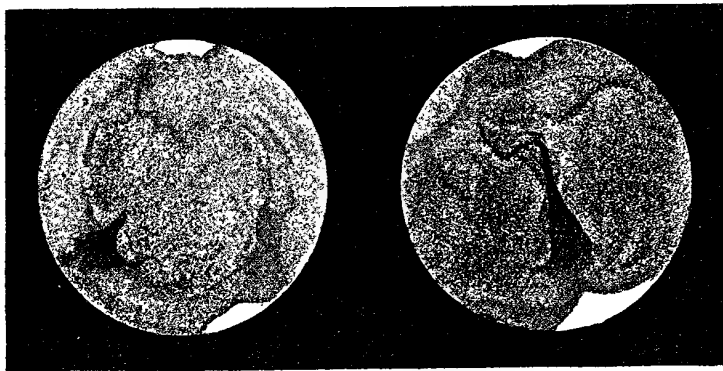


Рис. 79. Полярныя пятна Марса.

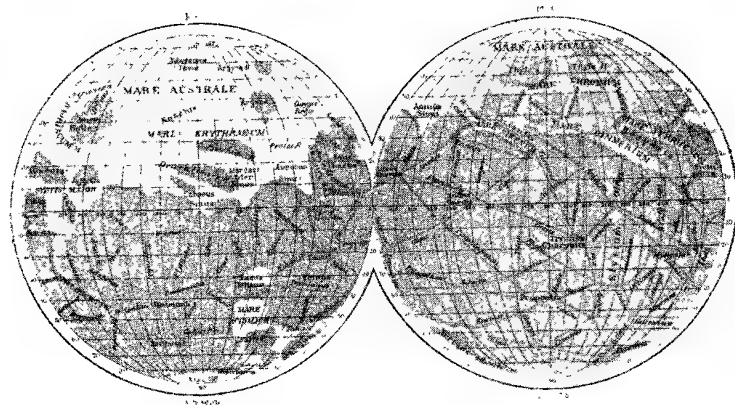


Рис. 80. Карта Марса съ капалами (проливами).

Въ 1877 году во время одного изъ благопріятныхъ противостояній американскій астрономъ Холль открылъ двухъ спутниковъ Марса и назвалъ ихъ Фобосомъ и Деймосомъ. Фобосъ находится всего въ 3600 верстахъ отъ планеты и обращается въ 7 часовъ 40 минутъ; Деймосъ обращается на разстояніи 24 тысячъ верстъ въ теченіе 30 часовъ слишкомъ. Поэтому Фобосъ долженъ былъ бы для воображаемыхъ обитателей Марса восходить на западѣ, а закатываться на востокѣ (такъ какъ обращеніе спутниковъ, какъ и самой планеты, прямое, т.-е. съ запада на востокъ); Деймосъ же долженъ казаться движущимся весьма медленно. Діаметры спутниковъ, вѣроятно, не превышаютъ 10 верстъ.

Юпитеръ—самая большая планета нашей солнечной системы и самое яркое послѣ Венеры свѣтило неба. Онъ свѣтитъ бѣлымъ свѣтомъ. Его среднее разстояніе отъ солнца равно почти 750 милліонамъ верстъ. Его діаметръ въ 11 разъ, масса въ 310 разъ, объемъ въ 1300 слишкомъ разъ больше земныхъ. Плотность

Юпитера, слѣдовательно, въ четыре слишкомъ раза меньше плотности земли, а сила тяжести на его поверхности слишкомъ въ $2\frac{1}{2}$ раза больше, чѣмъ на землѣ (надо 310 раздѣлить на 11 въ квадратъ или на 121). Уже это одно указываетъ, что Юпитеръ имѣетъ больше сходства съ солнцемъ, нежели съ землею, по своему внутреннему строенію. Это сходство еще усиливается при наблюденіи Юпитера въ телескопъ. На его поверхности замѣчаются измѣнчивыя полосы и пятна, доказывающія, что мы имѣемъ передъ собою облака атмосферы Юпитера (см. рис. 81). Сквозь эти облака бываютъ видны иногда и болѣе постоянныя пятна. Таково было красное пятно, открытое въ 1878 году, которое затѣмъ стало бѣлымъ и исчезло къ 1893 году. Его нашли бѣлымъ и на рисункахъ раньше 1878 года. Появленіе этого пятна ясно показываетъ, что масса Юпитера, подобно массѣ солнца, находится еще въ состояніи довольно напряженной дѣятельности. Сходство съ солнцемъ еще увеличивается при изученіи вращенія Юпитера. Слѣдя за движеніемъ пятенъ, обнаружили, что Юпитеръ имѣетъ весьма быстрое вращательное движеніе и обращается вокругъ своей оси, въ среднемъ, въ 9 час. 55 мин., но притомъ не какъ одно твердое тѣло: экваторіальныя пояса вращаются быстрѣе полюсовъ возлѣ полюсовъ. Все это доказываетъ, что до сихъ поръ еще главная масса Юпитера должна находиться въ газообразномъ состояніи; только внѣшняя тонкая кора его можетъ быть твердой. Быстрое вращеніе было причиной сильнаго сжатія Юпитера. Онъ кажется сильно сплюснутымъ.

Спутниковъ у Юпитера извѣстно восемь. Четыре изъ нихъ открыты еще Галилеемъ, пятый въ 1892 году, три послѣднихъ въ самое послѣднее время. Двигутся главные спутники почти перпендикулярно къ оси

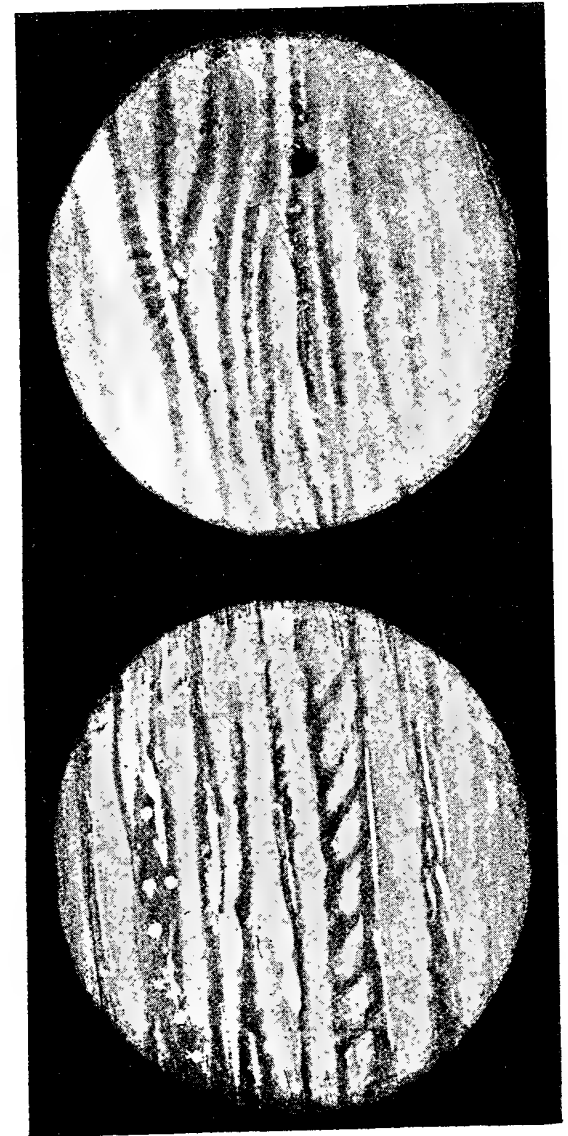


Рис. 81. Ю п и т е р ъ.

вращенія Юпитера, которая сама почти перпендикулярна къ орбитѣ Юпитера. При своемъ движеніи спутники часто затмеваются тѣнью планеты или бросаютъ тѣнь на нее, какъ показано на рис. 81. Эти затмения спутниковъ Юпитера въ исторіи астрономіи и физики сыграли замѣтную роль. Благодаря имъ, датскій астрономъ Ремеръ въ 17-мъ вѣкѣ въ первый разъ вычислилъ скорость движенія солнечнаго луча. Онъ замѣтилъ слѣдующее. Если, зная время оборота, напримеръ, одного изъ ближайшихъ спутниковъ Юпитера (42 часа), вычислить напередъ моменты его затмений, то окажется, что наблюдаемые моменты будутъ то запаздывать, то наступать раньше противъ вычисленныхъ моментовъ. Положимъ, что мы начали наблюдать, когда Юпитеръ близокъ къ противостоянію съ солнцемъ и наиболѣе близокъ къ землѣ; пусть тогда затмения наступаютъ правильно. Чѣмъ больше земля будетъ удаляться отъ Юпитера на противоположную сторону своей орбиты, тѣмъ больше будутъ запаздывать затмения, и когда земля станетъ по другую сторону солнца, чѣмъ Юпитеръ, и слѣдовательно, расстояние ея отъ Юпитера увеличится на полный діаметръ земной орбиты, запаздываніе станетъ наибольшимъ. Ремеръ оцѣнилъ это запаздываніе въ 22 минуты (на самомъ дѣлѣ оно оказалось равнымъ 16 минутамъ 36 секундамъ). Ремеръ вполне правильно объяснилъ это запаздываніе тѣмъ, что свѣтъ распространяется не мгновенно, но съ нѣкоторою скоростью, и что ему поэтому нужно 22 минуты, чтобы пробѣжать діаметръ земной орбиты. Отсюда, зная приблизительно величину діаметра земной орбиты, Ремеръ нашелъ, что свѣтовой лучъ движется со скоростью около 280 тысячъ верстъ въ секунду. Въ настоящее время скорость свѣта опредѣлена болѣе точно (съ ошибкой не больше 30 верстъ)

прямыми опытами (съ вращающимися зеркалами или зубчатыми колесами). И потому теперь, наоборотъ, зная скорость свѣта и время, которое ему нужно, чтобы пробѣжать діаметръ земной орбиты (498—499 секундъ), опредѣляютъ разстояніе отъ земли до солнца. Въ настоящее время это одинъ изъ самыхъ точныхъ способовъ; онъ даетъ солнечное разстояніе въ $139\frac{1}{2}$ милліоновъ верстъ. Величина спутниковъ Юпитера весьма различна. Самый большой изъ нихъ немного меньше луны, открытые же въ послѣднее время весьма малы и наблюдаются только въ самые сильные телескопы.

Противостояніе Юпитера, когда наблюдать его наиболѣе удобно (тогда онъ проходитъ чрезъ меридіанъ въ полночь), случается ежегодно приблизительно мѣсяцемъ (34 днями) позже, чѣмъ въ предыдущій годъ. Въ 1908 году, противостояніе было въ январѣ; въ 1909 году — въ февралѣ, въ 1910 г. будетъ въ мартѣ, и т. д.

Сатурнъ—вторая по величинѣ планета. Онъ свѣтитъ, какъ звѣзда первой величины красновато-желтаго цвѣта. Его противостояніе случается каждый годъ 13 днями позже, чѣмъ въ предыдущій годъ. Въ 1908 году оно случилось въ сентябрѣ, въ 1909 году будетъ въ октябрѣ, въ 1911 въ ноябрѣ и т. д. Среднее разстояніе Сатурна достигаетъ 1335 милліоновъ верстъ; его діаметръ слишкомъ въ 9 разъ больше діаметра земли, объемъ въ 700 слишкомъ разъ больше земного, масса почти въ 100 разъ больше. Плотность Сатурна составляетъ только $\frac{1}{7}$ плотности земли, слѣдовательно, онъ менѣе плотенъ, чѣмъ вода. Поэтому строеніе Сатурна должно быть еще болѣе сходно съ солнцемъ, чѣмъ у Юпитера. Повидимому, Сатурнъ еще свѣтится и собственнымъ свѣтомъ. На дискѣ его

замѣчены полосы, подобныя полосамъ Юпитера и указывающія на существованіе атмосферы. Время вращенія Сатурна оцѣнено въ $10\frac{3}{4}$ часовъ. Эта быстрота вращенія придала Сатурну значительное сжатіе.

Самое замѣчательное въ Сатурнѣ — его кольца (см. рис. 82). Это наиболѣе замѣчательный предметъ нашей



Рис. 82. Сатурнъ.

солнечной системы. Діаметръ кольца (внѣшній) слишкомъ втрое превышаетъ діаметръ Сатурна. Кольцо тройное, т.-е. имѣетъ два пустыхъ промежутка. Внутренній край кольца болѣе туманный. Толщина кольца не превышаетъ 200 верстъ. Какъ предположилъ въ 1856 г. Максвеллъ и какъ показали наблюденія послѣдняго времени, кольцо состоитъ изъ цѣлаго роя небольшихъ спутниковъ, настолько скученныхъ, что вмѣстѣ они кажутся намъ сплошнымъ тѣломъ.

Спутниковъ у Сатурна извѣстно 10. Движутся спутники почти въ плоскости колецъ Сатурна.

Уранъ и Нептунъ не видны невооруженнымъ глазомъ вслѣдствіе своей отдаленности (впрочемъ, зная

положеніе Урана по таблицамъ, его еще можно видѣть, какъ звѣзду 6-й величины). Ихъ среднія разстоянія: 2785 и 4207 мил. верстъ. Діаметры приблизительно въ четыре раза больше земного, массы приблизительно въ пятнадцать разъ больше. Плотности приблизительно въ $1\frac{1}{2}$ раза больше плотности воды. Времена и направленія вращенія ихъ вокругъ осей и положенія осей не опредѣлены.

Спутники Урана (4) и Нептуна (1) обладаютъ замѣчательной особенностью, единственной во всей планетной системѣ (за исключеніемъ, можетъ быть, еще одного изъ новооткрытыхъ спутниковъ Юпитера). Они движутся вокругъ планетъ въ обратномъ направленіи (съ востока на западъ). Вѣроятно, таково же направленіе вращенія и самихъ планетъ. При этомъ плоскости орбитъ спутниковъ Урана составляютъ почти прямой уголъ съ плоскостью орбиты планеты. Если такъ же расположенъ экваторъ планеты, т.-е. если ось вращенія планеты лежитъ почти въ плоскости ея орбиты, то времена года и климаты на Уранѣ должны рѣзко отличаться отъ земныхъ. Именно, тамъ должно попеременно, въ теченіе 84 лѣтъ, освѣщаться то одно сѣверное, то одно южное полушаріе, причемъ другое полушаріе остается все во мракѣ, и дважды въ теченіе этого періода должно случаться равноденствіе.

Нерѣдко возникалъ вопросъ о томъ, живутъ ли на другихъ планетахъ и вообще въ другихъ звѣздныхъ системахъ вселенной живыя и разумныя существа, подобныя обитателямъ земли. Великій математикъ, физикъ и астрономъ Гюйгенсъ посвятилъ даже этому вопросу цѣлое сочиненіе «Обозрѣніе міра» («Космотеоросъ»). Какъ ни заманчиво для фантазіи рѣшеніе такого вопроса, всетаки къ нему нужно относиться осторожно: всякая научная фантазія должна прежде

всего считаться съ дѣйствительными фактами и не допускать въ своихъ построеніяхъ невозможностей и нелѣпостей, несогласныхъ съ дѣйствительнымъ ходомъ вещей. Можно вообразить себѣ все, что угодно, даже явную бессмыслицу (напримѣръ, что на какой-нибудь планетѣ деревья растутъ корнями вверхъ или что тѣло людей тамъ состоитъ изъ одной воды), но такія фантазіи, конечно, не будутъ имѣть ровно никакой цѣнности. Въ самыхъ фантастическихъ нашихъ построеніяхъ, даже въ сновидѣніяхъ, мы можемъ мыслить только о томъ, что мы знаемъ изъ своего опыта и наблюденія. И только такія построенія нашей фантазіи имѣютъ цѣну, возможность которыхъ доказывается ихъ согласіемъ съ дѣйствительностью. Поэтому, если мы желаемъ говорить о жизни на другихъ планетахъ, то должны и можемъ говорить только о той именно жизни и о такихъ или весьма схожихъ живыхъ существахъ, какія извѣстны намъ на поверхности земного шара; ни о какихъ другихъ говорить мы не можемъ, такъ какъ ничего о нихъ не можемъ знать положительнаго. Такъ и рассуждалъ Гюйгенсъ. Онъ населяетъ другіе звѣздные міры существами, подобными земнымъ, онъ даже приписываетъ разумнымъ существамъ въ тѣхъ мірахъ тѣ же умственные и нравственные свойства, тѣ же понятія о добрѣ и злѣ, о правѣ и безправіи, какія существуютъ у людей на землѣ. Разница можетъ быть здѣсь только въ степени развитія и въ природной силѣ этихъ качествъ. Если вопросъ поставить такимъ образомъ, то онъ рѣшается довольно просто и ясно. Тогда остается только разобратъ, существуютъ ли на другихъ планетахъ и въ другихъ мірахъ условія, при которыхъ возможна извѣстная намъ на земномъ шарѣ жизнь, и отвѣтъ на такой вопросъ будетъ зависѣть уже отъ

степени точности нашихъ знаній насчетъ этихъ условій. Главнымъ изъ этихъ условій будутъ климатическія условія, т.-е. распредѣленіе тепла и свѣта по времени и по поверхности планетъ. Поэтому главнымъ признакомъ обитаемости планетъ и будетъ для насъ ихъ климатъ и устройство поверхности.

Такъ, напримѣръ, о лунѣ мы должны сказать, что она не можетъ быть обитаемой: тамъ нѣтъ ни воздуха, ни воды — главныхъ условій жизни; суточные перемены температуры тамъ тоже такъ рѣзки, что не могутъ быть благопріятными для жизни. Изъ восьми большихъ планетъ мы только Марсу можемъ приписать обитаемость съ большою долею вѣроятности. Въ самомъ дѣлѣ, длина сутокъ тамъ почти равна длинѣ земныхъ сутокъ; наклонъ оси вращенія планеты къ плоскости ея орбиты лишь немногимъ больше, чѣмъ у земли, слѣдовательно, смѣна временъ года и распредѣленіе климатическихъ поясовъ почти таковы же, какъ на земномъ шарѣ; только «годъ» Марса и вообще длина всѣхъ временъ года почти вдвое больше, чѣмъ на землѣ. Существованіе атмосферы тамъ несомнѣнно, такъ же какъ и паровъ въ этой атмосферѣ. Намъ неизвѣстенъ только, какъ слѣдуетъ, составъ этой атмосферы (т.-е. содержитъ ли она кислородъ, необходимый для дыханія); но съ другой стороны, нѣтъ особенныхъ основаній предполагать иной составъ марсовой атмосферы, чѣмъ на землѣ. Мы сейчасъ увидимъ, что цѣлый рядъ фактовъ заставляетъ насъ приписать солнцу и планетамъ одно общее происхожденіе изъ первичной туманности (см. также бесѣду IV, стр. 101) и потому одинаковый, въ общемъ, химическій составъ всѣмъ планетамъ. Сила тяжести на поверхности Марса лишь вдвое меньше, чѣмъ на землѣ, и потому кислородъ можетъ держаться на немъ въ свободномъ (не-

связанномъ съ другими веществами) состояніи. Меньшая величина силы тяжести можетъ считаться даже, вѣроятно, благопріятнымъ условіемъ для физическаго развитія высшихъ животныхъ. Менѣе благопріятнымъ климатическимъ условіемъ на поверхности Марса нужно считать только меньшее количество получаемого имъ тепла и свѣта и меньшую яркость солнечныхъ лучей, вдвое меньшую напряженность нагрѣванія и освѣщенія. Но это неблагопріятное условіе можетъ ослабляться, умѣряться большею прозрачностью и ясностью атмосферы Марса. Такимъ образомъ есть большое основаніе предполагать, что на Марсѣ существуютъ всѣ условія для жизни подобныхъ намъ живыхъ и разумныхъ существъ. Тамъ достаточно воздуха, влаги, тепла и свѣта; тамъ, быть можетъ, такъ же сине небо; тамъ такъ же свѣтятъ солнце и звѣзды, только солнце кажется слишкомъ на половину меньше, чѣмъ у насъ, и свѣтитъ менѣе ярко; земля замѣняетъ Венеру и служить (менѣе яркой) утренней и вечерней звѣздой; спутники Марса такъ же, какъ наша луна, только гораздо менѣе ярко, освѣщаютъ марсовы ночи (вслѣдствіе своей малости).

Приблизительно то же самое, что о Марсѣ, мы могли бы сказать о Венерѣ, если бы знали точно время ея вращенія на оси и наклонъ этой оси къ орбитѣ планеты. Венера получаетъ больше тепла и свѣта, чѣмъ земля, и напряженность солнечныхъ лучей тамъ вдвое сильнѣе, чѣмъ на землѣ, но зато атмосфера Венеры плотнѣе земной.

Наоборотъ, о большихъ планетахъ, лежащихъ дальше Марса, мы должны сказать, что въ настоящее время тамъ врядъ ли возможна жизнь, потому что эти тѣла по строенію своему ближе подходятъ къ солнцу, чѣмъ къ землѣ. Мы знаемъ только, что на Юпитерѣ

не должно быть смѣны временъ года, должно быть постоянное равенство, такъ какъ ось вращенія Юпитера почти перпендикулярна къ плоскости его орбиты; наоборотъ, на Уранѣ распределение временъ года и климатовъ рѣзко отличается отъ земныхъ, такъ какъ ось его вращенія, вѣроятно, почти совпадаетъ съ плоскостью орбиты. Чѣмъ дальше планета отъ солнца, тѣмъ болѣе ухудшаются на ней условія для жизни, ибо тѣмъ меньше она получаетъ тепла и свѣта, тѣмъ меньше напряженность солнечныхъ лучей. Уже на Юпитерѣ сила освѣщенія и нагрѣванія въ 27 разъ менѣе значительна, чѣмъ на землѣ, хотя общее количество получаемого свѣта и тепла почти въ пять разъ больше.

Что касается другихъ звѣздныхъ міровъ, другихъ солнечныхъ системъ, чѣмъ наша, то о нихъ мы можемъ сказать только одно: жизнь въ нихъ возможно допустить постольку, поскольку свойства ихъ приближаются къ нашей солнечной системѣ. А эти свойства, какъ показываютъ наблюденія послѣдняго времени надъ туманностями, повидимому, вовсе не представляютъ рѣдкости (см. бесѣду VIII), какъ думали раньше. Значитъ, нѣтъ никакихъ основаній предполагать, что жизнь возможна только въ нашей планетной системѣ и не возможна въ другихъ мірахъ. Можно сказать, что геніальная догадка великаго мученика астрономіи Джордано Бруно подтвердилась, что его мечты о томъ, что жизнь царитъ во вселенной, никогда не умирая, находятъ для себя все больше и больше подкрѣпляющихъ фактовъ.

Остается еще сказать нѣсколько словъ о тѣхъ особенныхъ свойствахъ нашей планетной системы, которыя заставляютъ насъ предположить, что планеты и солнце имѣютъ общее происхожденіе, произошли однимъ и

тѣмъ же путемъ изъ одного и того же вещества изъ той туманности, изъ которой образовалось солнце.

Наша планетная система содержитъ 8 большихъ планетъ, около 700 малыхъ планетъ и свыше 20 спутниковъ планетъ. Существуютъ ли планеты за Нептуномъ, мы пока не знаемъ; но если онѣ существуютъ, то математики-астрономы откроютъ ихъ такимъ же способомъ, какъ былъ открытъ Нептунъ, хотя бы свѣтъ ихъ былъ такъ слабъ, что онѣ были бы недоступны ни для какого телескопа. Въ движеніяхъ планетъ замѣчаются слѣдующія удивительныя совпаденія. Первое: всѣ почти планеты движутся вблизи одной и той же плоскости, вблизи эклиптики; отклоненія отъ этого правила у малыхъ планетъ объясняются возмущающимъ дѣйствіемъ большихъ планетъ. Второе: всѣ планеты движутся въ одномъ и томъ же направленіи, въ которомъ вращается на своей оси и солнце. Третье: всѣ почти большія планеты на своихъ осяхъ и спутники ихъ вращаются въ томъ же направленіи; исключеніе представляютъ только спутники Урана и Нептуна, при образованіи которыхъ, вѣроятно, участвовали какія-либо особенныя условія. Значительная наклонность осей планетъ къ плоскостямъ орбитъ ихъ, т.-е. несовпаденіе экваторовъ планетъ съ этими плоскостями объясняется возмущающимъ дѣйствіемъ планетъ другъ на друга и нѣкоторыми другими обстоятельствами (хотя это еще темный вопросъ). При видѣ такихъ удивительныхъ совпаденій Лапласъ и пришелъ къ мысли, что они не могутъ быть случайными, но должны объясняться одною общею причиною. Эта причина могла состоять только въ томъ, что когда-то между всѣми планетами существовала общая матеріальная связь, со временемъ исчезающая. За эту связь Лапласъ и считалъ первичную туман-

ность — весьма разрѣженное вещество громаднѣхъ размѣровъ въ видѣ тумана или газа. Эта туманность вращалась вокругъ нѣкоторой оси. Движеніе частицъ придавало туманности весьма растянутую, сплюснутую, почти плоскую форму. Поэтому и планеты, которыя впоследствии образовались изъ туманности, должны

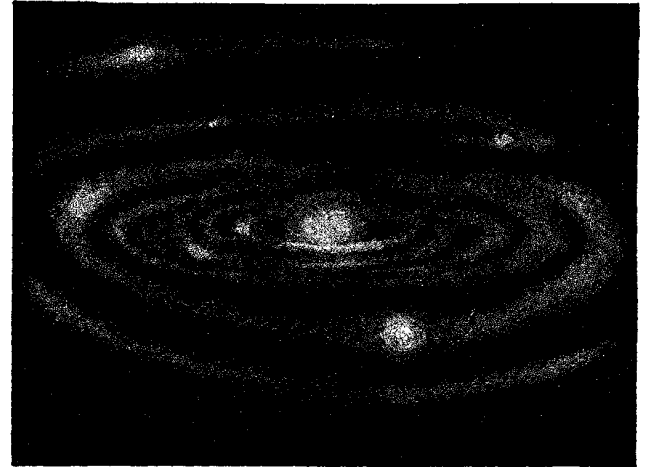
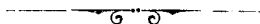


Рис. 83. Гипотеза Лапласа.

были сохранить то же самое направленіе движенія и двигаться почти въ одной плоскости. Постепенно, вслѣдствіе тяготѣнія къ центру, внутри туманности образовалось сгущеніе вещества, началось развитіе солнца. Сама туманность раздѣлилась на отдѣльныя кольца, приняла форму плоской спиральной туманности, какія часто встрѣчаются въ небесныхъ пространствахъ (см., напримѣръ, рисунокъ туманности Андромеды на стр. 101). Изъ колецъ постепеннымъ сгущеніемъ

образовались планеты, а отъ планетъ отдѣлились спутники ихъ, какъ и сейчасъ наглядно видно на кольцѣ Сатурна. Какъ могло происходить дѣло, изображено на рис. 83.

Болѣе подробно этотъ интересный вопросъ о происхожденіи нашей планетной системы будетъ разобранъ въ бесѣдѣ VIII.



О КОМЕТАХЪ И ПАДАЮЩИХЪ ЗВѢЗДАХЪ.

О кометахъ и падающихъ звѣздахъ.

Иногда въ нашей планетной системѣ внезапно появляются и вскорѣ такъ же внезапно исчезаютъ особаго вида странныя свѣтила, непохожія ни на звѣзды, ни на планеты. Это — кометы или кометныя звѣзды. Какъ все неожиданное и странное, кометы возбуждали своимъ внезапнымъ появленіемъ суевѣрный ужасъ и самыя нелѣпыя толки. Въ нихъ видѣли предвѣстницъ войнъ и всяческихъ бѣдствій. Внѣшній видъ ихъ напоминалъ суевѣрно настроенному воображенію мечи и чудовища. При появленіи яркой кометы 1456 года (три года спустя послѣ взятія Константинополя турками) папа римскій приказалъ даже всѣмъ вѣрующимъ католикамъ служить молебны объ избавленіи отъ кометы и отъ турокъ. Эта страшная комета, какъ и всѣ прочія, оказалась самымъ безобиднымъ существомъ и до сихъ поръ продолжаетъ, какъ мы увидимъ, мирно двигаться вокругъ солнца, состоя членомъ нашей солнечной системы.

Внѣшній видъ кометы изображаетъ рисунокъ 84 кометы 1811 года, которая блистала въ этомъ году надъ Москвой и случайно оказалась предвѣстницей страшнаго нашествія Наполеона и французовъ. Въ развитомъ состояніи въ кометѣ различаютъ обыкновенно три части: ядро, похожее на звѣзду или планету, оболочку

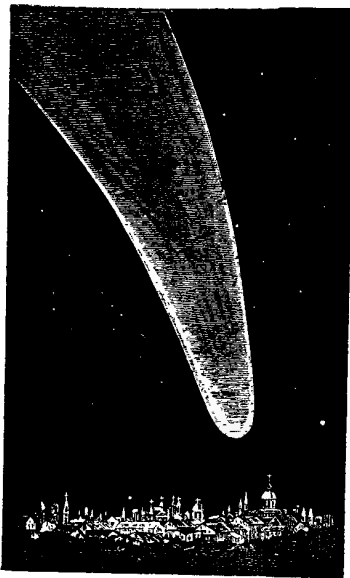


Рис. 84. Комета 1811 года.

къ землѣ, то хвостъ ея, случалось, закрывалъ значительную часть неба. Величина «головы» кометы, т.-е. ядра и его оболочки, достигала иногда сотни тысячъ верстъ въ діаметрѣ.

Комета не сразу является въ своемъ полномъ великолѣпномъ видѣ, съ громаднымъ вполне развитымъ хвостомъ. Замѣченная вдали отъ солнца (въ телескопъ), она кажется слабо свѣтящимся кружкомъ, похожимъ на туманность (рис. 85). Только постепенно, по мѣрѣ приближенія къ солнцу, яркость ея ядра начинаетъ усиливаться. Затѣмъ иногда по направленію къ солнцу вытягиваются потоки свѣтящейся туманной матеріи, въ видѣ вѣера; они колеблются нѣкоторое время подобно маятнику и затѣмъ отбрасываются въ

ядра— болѣе туманную и менѣе яркую матерію, окружающую ядро,—и «хвостъ», или правильнѣе, кому (волосы), похожую на пирокій мечъ или сложенный вѣеръ: это бѣлесоватая полоса, которая тянется иногда на далекое разстояніе. Длина хвоста бывала часто очень значительною, главнымъ образомъ, у яркихъ кометъ. Напримѣръ, длина хвоста кометы 1811 года была свыше 85 милліоновъ верстъ, кометы 1843 года — свыше 200 мил. в., кометы 1882 года — свыше 259 мил. в. Все это были яркія кометы. Если комета бывала близка

противоположную сторону. Только вблизи солнца, около точки орбиты, ближайшей къ солнцу (около перигелія), комета достигаетъ наибольшей яркости, развиваетъ иногда большой хвостъ и бываетъ видна невооруженному глазу. Хвостъ кометы всегда направленъ въ сторону, противоположную солнцу; вначалѣ онъ идетъ вдоль линіи, соединяющей комету съ солнцемъ, а затѣмъ уже болѣе или менѣе искривляется; при этомъ хвостъ всегда лежитъ въ плоскости орбиты кометы, т.-е. его средняя линія остается въ одной и той же плоскости, проходящей черезъ центръ солнца. Ядро и оболочка кометы часто бываютъ слоистаго строенія. Ядеръ и хвостовъ бываетъ иногда нѣсколько. Та-

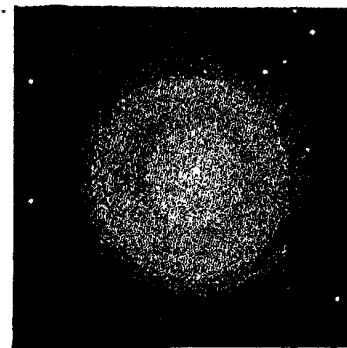


Рис. 85. Комета вдали отъ солнца.

кова, напримѣръ, была одна изъ великолѣпнѣйшихъ кометъ — комета 1858 года, открытая итальянскимъ астрономомъ Донати. У нея было три хвоста, широкій и два тонкихъ, и голова сложнаго строенія (рис. 86, 87).

Со времени Рождества Христова отмѣчено около 500 появленій яркихъ кометъ. Со времени изобрѣтенія телескопа отмѣчено еще болѣе 300 появленій неяркихъ «телескопическихъ» кометъ, и теперь почти ежегодно въ телескопъ открываютъ одну или нѣсколько кометъ.

Изъ сказаннаго можно заключить, что внѣшній видъ кометъ совершенно непохожъ ни на звѣзды, ни на планеты. И движеніе этихъ странныхъ небесныхъ

свѣтилъ сильно отличается отъ движеній планетъ Планеты, какъ мы видѣли, описываютъ около солнца эллипсы, мало растянутые, незначительно сжатые, съ малымъ эксцентриситетомъ (см. стр. 149).

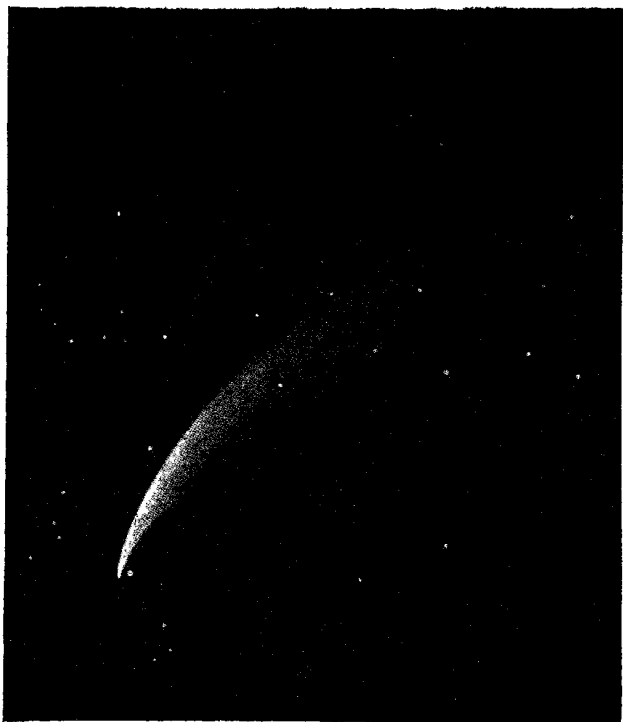


Рис. 86. Комета Донати.

Самый большой эксцентриситетъ одной изъ большихъ планетъ (Меркурія) немного больше $\frac{1}{5}$, а сжатіе ея эллиптической орбиты около $\frac{1}{50}$ (это значитъ, что ширина эллипса лишь на $\frac{1}{50}$ [долю менѣе его длины]) Наоборотъ, кометы движутся по весьма растянутымъ

эллипсамъ, съ весьма большимъ эксцентриситетомъ (близкимъ къ единицѣ), такъ что длина этихъ эллипсовъ въ нѣсколько разъ превосходитъ ихъ ширину. Повидимому даже, очень часто пути или орбиты кометъ представляютъ собою незамкнутыя кривыя—параболы (см. рис. 88) и гиперболы, такъ что, двигаясь по нимъ, комета, повидимому, никогда не возвращается уже болѣе къ солнцу, уходитъ въ междувѣздное пространство. Но при сужденіи о томъ, какого рода кривую описываетъ комета, нужно быть осторожнымъ. Мы можемъ наблюдать комету только въ теченіе

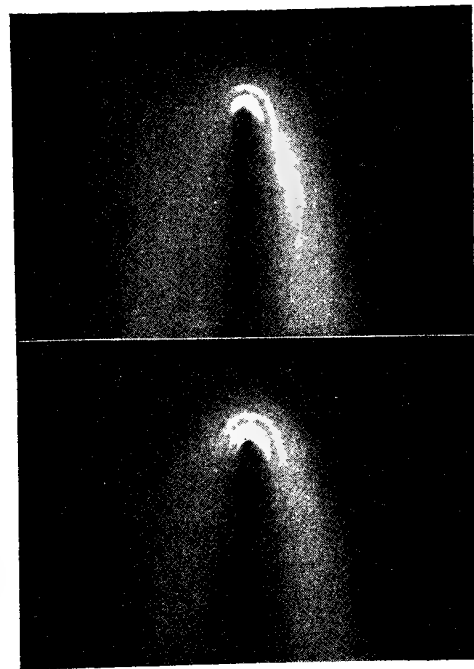


Рис. 87. Голова кометы Донати.

небольшого промежутка времени, въ незначительной части ея орбиты, вблизи солнца, и здѣсь бываетъ очень трудно рѣшить, будетъ ли орбита очень растянутый эллипсъ, или незамкнутая кривая (парабола или гипербола). Это ясно видно на рис. 89. Чтобы хотя отчасти дать понять, что такое парабола, по которой, повидимому, совершается движеніе нѣкоторыхъ

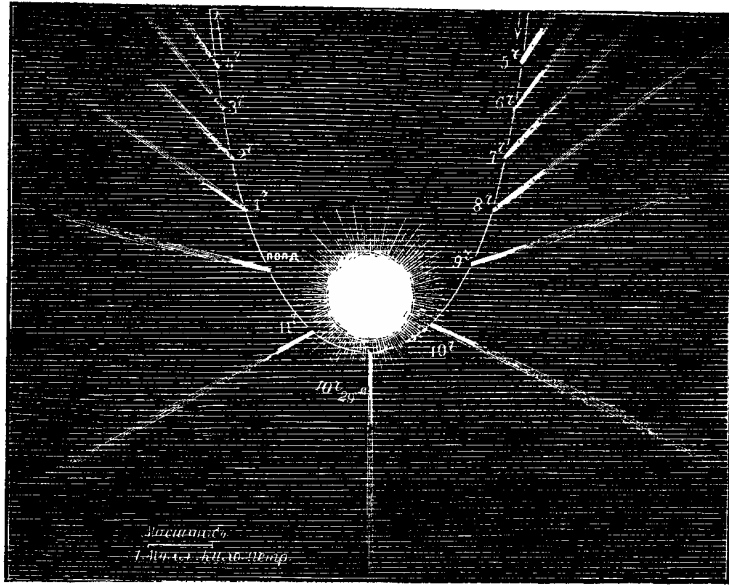


Рис. 88. Движеніе кометы по параболѣ.

кометъ, замѣтимъ, что параболу описываетъ любое тяжелое тѣло (напримѣръ, мячъ), брошенное на поверхности земли наклонно къ горизонту. Другое отличіе движенія кометъ отъ движенія планетъ состоитъ въ томъ, что кометы движутся какъ въ прямомъ, такъ и въ обратномъ направленіи и притомъ часто подъ очень большимъ наклономъ къ плоскости эклиптики, т.-е. орбиты земли (до 90 градусовъ).

Однако, несмотря на такое различіе отъ движенія планетъ, кометы въ своемъ движеніи подчиняются законамъ Кеплера и закону тяготѣнія. Слѣдовательно, притяженіе солнца является причиной ихъ криволинейнаго движенія. Ньютонъ, творецъ закона тяготѣнія

(см. стр. 29), доказалъ, что подъ вліяніемъ силы тяготѣнія тяжелое тѣло можетъ описывать любое коническое сѣченіе, т.-е. линію, которая получается отъ пересѣченія поверхности конуса плоскостью. На рис. 90 двойной конусъ съ вершиною O пересѣченъ нѣсколькими плоскостями. Ось конуса есть линія OM . Если плоскость пересѣкаетъ конусъ, перпендикулярно (подъ прямымъ угломъ) къ оси его, то въ сѣченіи получится кругъ K . Если сѣкущая плоскость составляетъ съ осью уголъ, который меньше прямого, но больше, чѣмъ уголъ 1 между осью конуса OM и его

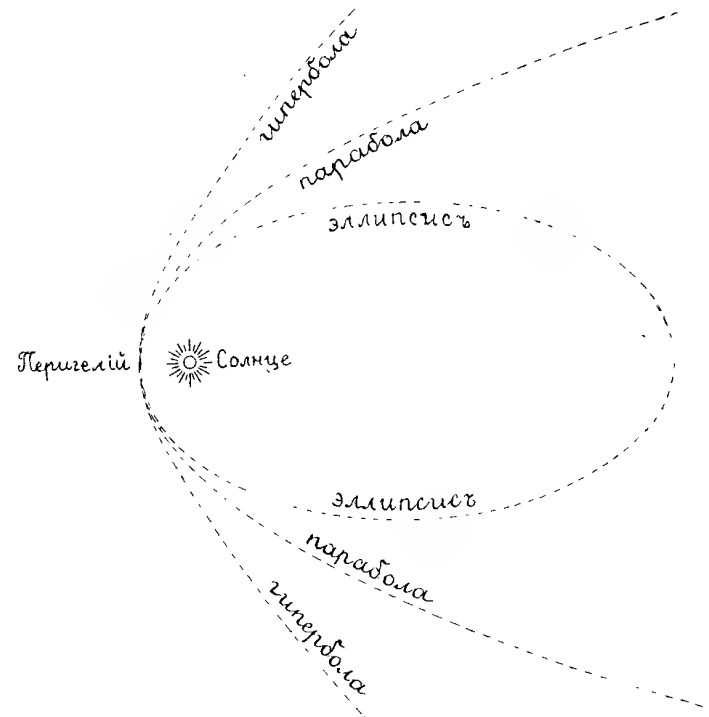


Рис. 89. Эллипсъ, парабола и гипербола.

образующей линіей OA , то въ сѣченіи получается эллипсъ O (замкнутая кривая). Если уголъ сѣкущей

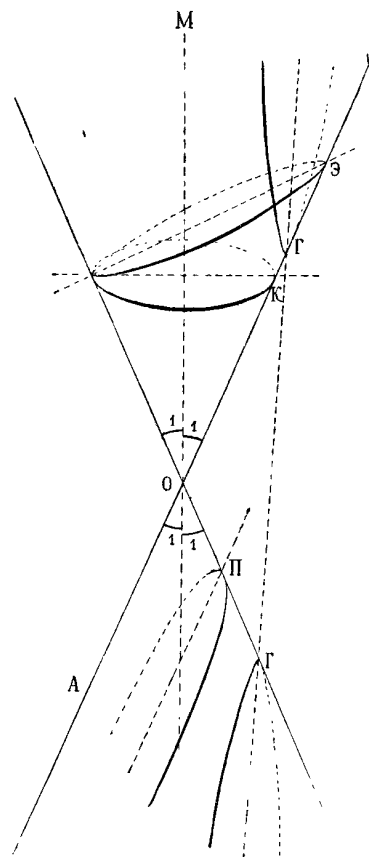


Рис. 90. Коническія сѣченія.

плоскости съ осью равенъ углу 1 между осью и образующей конуса, то въ сѣченіи получается парабола Π (несомкнутая кривая, состоящая изъ одной вѣтви). Если же уголъ сѣкущей плоскости съ осью меньше угла 1, то получается гипербола $\Gamma\Gamma$ (кривая, состоящая изъ двухъ отдѣльных, несомкнутыхъ вѣтвей). Наконецъ, если плоскость проходитъ прямо черезъ ось OM , то на поверхности конуса получатся двѣ прямыя, какъ OA и OP , пересекающіяся въ точкѣ O . У каждой изъ кривыхъ, эллипса, параболы и гиперболы, есть точка, обладающая слѣдующимъ свойствомъ: при движеніи планетъ и кометъ по этимъ кривымъ прямымъ, соединяющія планету или комету съ солнцемъ, въ равныя времена проходятъ равныя площади, — это второй законъ Кеплера (см. бесѣду V, стр. 150). Эта точка называется фо-

кусомъ, и солнце всегда находится въ фокусѣ каждой изъ трехъ кривыхъ.

По какой изъ трехъ кривыхъ будетъ двигаться тѣло, подчиненное въ своемъ движеніи закону тяготѣнія, зависитъ отъ того, какова скорость его движенія сравнительно съ его разстояніемъ отъ солнца.

Ньютонъ доказалъ слѣдующее: если на извѣстномъ разстояніи отъ солнца вообразить планету, движущуюся равномерно по кругу (согласно съ третьимъ закономъ Кеплера, см. стр. 152), и вычислить скорость ея движенія, то всякое тѣло, котораго скорость на томъ же самомъ разстояніи больше круговой скорости на $\frac{41}{100}$ сотую ея долю, опишетъ вокругъ солнца параболу. Напримѣръ, земля описываетъ почти круговую орбиту и движется со скоростью 28 верстъ въ секунду. Если бы земля внезапно увеличила свою скорость на $\frac{41}{100}$ долю, т.-е. до 40 верстъ въ секунду, то она стала бы двигаться по параболѣ и не вернулась бы къ солнцу. Наблюденія показали, что большинство извѣстныхъ кометъ имѣло при ближайшемъ положеніи къ солнцу (въ перигелии) разстояніе меньшее, чѣмъ разстояніе земли отъ солнца, и лишь немногія кометы имѣли въ перигелии большее, чѣмъ земля, разстояніе. Скорости ихъ были различны. Но рѣдко случалось, чтобы скорость кометы значительно превосходила указанную выше предѣльную скорость; большею частью скорость была ниже этой скорости или превосходила ее лишь весьма незначительно. Поэтому только о немногихъ кометахъ можно думать, что онѣ приходятъ къ намъ изъ междузвѣздныхъ пространствъ, двигаясь по параболамъ и гиперболамъ. Большинство кометъ описываютъ или должны были бы описывать удлиненные эллипсы, если бы особенныя причины иногда не мѣшали этому. Времена обращеній кометъ вокругъ

солнца должны быть признаны весьма значительными (до нѣсколькихъ тысячъ лѣтъ), а размѣры ихъ орбитъ громадными, такъ что въ наибольшемъ своемъ удаленіи отъ солнца (въ афеліи) кометы, вѣроятно, заходятъ въ сотни разъ дальше орбиты Нептуна и движутся тамъ съ малою скоростью, тогда какъ въ перигеліи эта скорость можетъ достигать нѣсколькихъ сотенъ верстъ въ секунду.

Отсюда видно, какъ трудно послѣ однократнаго наблюденія кометы сказать, вернется она къ солнцу или нѣтъ, т.-е. есть ли она членъ нашей солнечной системы или она двигалась изъ междузвѣздныхъ пространствъ и опять удалится туда же. Такъ, напримѣръ, комета Донати двигалась почти по параболѣ, и если она вернется къ солнцу, то не ранѣе, чѣмъ черезъ 1800—2000 лѣтъ. Трудность рѣшить такой вопросъ увеличивается еще тѣмъ, что, проходя вблизи большихъ планетъ, кометы иногда испытываютъ такія глубокія измѣненія въ своемъ движеніи, что орбита ихъ дѣлается почти неузнаваемой.

Однако, существуютъ и несомнѣнно періодическія кометы, т.-е. такія, возвращеніе которыхъ къ солнцу уже наблюдалось хотя бы однажды или должно наступить несомнѣнно. Такихъ кометъ — несомнѣнныхъ членовъ нашей солнечной системы — извѣстно до 30, причемъ возвращеніе наблюдалось для половины ихъ. Въ исторіи астрономіи изъ періодическихъ кометъ особенно интересна комета Галлея, названная по имени, англійскаго астронома (1656—1742 г.), друга Ньютона: Галлей вычислилъ ея орбиту при появленіи кометы въ 1682 году. Орбита оказалась очень растянутымъ эллипсомъ; въ перигеліи комета приближается къ солнцу на разстояніе, равное $\frac{3}{5}$ разстоянія земли; афелій же ея находится дальше Урана (около 20 земныхъ

разстояній). Время полного оборота Галлей оцѣнилъ въ 75—77 лѣтъ. Галлей произвелъ затѣмъ тщательныя историческія изысканія и нашелъ, что, если отсчитывать отъ 1682 года назадъ по 75—77 лѣтъ, то окажется, что во многіе изъ получаемыхъ годовъ наблюдалась яркая комета. Такъ было, напримѣръ, около 1607 года, когда комету наблюдалъ Кеплеръ, и въ 1531 году; въ 1456 году именно комету Галлея заклиналъ римскій папа. На основаніи этого Галлей предсказалъ появленіе кометы въ 1758 году. Она дѣйствительно появилась, но, какъ заранѣе предсказалъ знаменитый французскій математикъ того времени Клеро (1713—1765 г.), запоздала на нѣсколько мѣсяцевъ и прошла черезъ перигелій въ мартѣ 1759 года. Запозданіе произошло вслѣдствіе притягательнаго, отклоняющаго дѣйствія планетъ Юпитера и Сатурна. Последнее появленіе кометы Галлея въ 1835 году также было вычислено заранѣе, и предсказаніе оправдалось съ ошибкою всего въ 3 дня. Ближайшее появленіе должно случиться въ 1911 году. Изъ другихъ періодическихъ кометъ замѣчательна комета Энке, открытая въ 1786 году. Ея періодичность доказалъ нѣмецкій астрономъ Энке въ 1818 году. Эта комета представляетъ собою небольшую туманность, лишена хвоста и обращается въ $3\frac{1}{4}$ года по эллипсу, афелій котораго лежитъ почти у орбиты Сатурна (см. стр. 132). Ея движеніе замѣчательно тѣмъ, что она съ каждымъ оборотомъ приближается къ солнцу и описываетъ спиральную линію. Энке приписывалъ такое уменьшеніе разстоянія кометы отъ солнца дѣйствию какой-то тончайшей сопротивляющейся среды, наполняющей междупланетное (и междузвѣздное) пространство. Этотъ взглядъ вѣроятенъ, но возможно и такъ, что разстояніе кометы уменьшается вслѣдствіе притя-

гательнаго дѣйствія планетъ, а потомъ оно будетъ увеличиваться по той же причинѣ. Вообще вычислить путь кометы точно—весьма затруднительно. Вещество кометъ, какъ увидимъ, такъ разрѣжено и вѣсь ихъ (масса) такъ малъ, что планеты оказываютъ сильное на нихъ вліяніе и своимъ притяженіемъ могутъ значительно измѣнить форму и величину кометъ и ихъ орбитъ.

Что же такое комета? Прежде думали, что комета—сплошное твердое тѣло и сулили отъ столкновенія земли съ кометой всякія несчастія, даже «кончину міра», но теперь все больше и больше убѣждаются, что вещество кометы находится въ крайне разрѣженномъ состояніи, и потому столкновение съ нею никакой серьезной опасности не представляетъ. Вотъ какія наблюденія убѣждаютъ въ этомъ.

Проходя возлѣ планетъ, кометы не оказываютъ на ихъ движеніе ровно никакого вліянія. Напротивъ того, планеты чрезвычайно сильно измѣняютъ пути движенія кометъ. Напримѣръ, комета, открытая въ 1770 году Лекселлемъ, по его вычисленіямъ была періодической и должна была вернуться къ солнцу въ 1779 году. Но она прошла близко отъ Юпитера, и послѣдній своимъ притяженіемъ, повидимому, настолько увеличилъ ея скорость, что ея орбита превратилась въ параболу; комета больше не наблюдалась и, вѣроятно, навсегда выброшена изъ нашей солнечной системы. Наоборотъ, въ 1889 году американецъ Бруксъ открылъ яркую комету съ короткимъ періодомъ обращенія. Возникъ вопросъ, почему ее не наблюдали раньше? Оказалось, что въ 1886 году эта комета, двигавшаяся, вѣроятно, по очень растянутой орбитѣ, а можетъ быть, шедшая даже изъ междוזвѣзднаго пространства, была какъ бы захвачена притяженіемъ Юпитера; она умень-

шила скорость своего движенія и стала членомъ нашей солнечной системы. Такихъ случаевъ захвата кометъ Юпитеромъ было нѣсколько. Комета Лекселли также была захвачена притяженіемъ гигантской планеты. Все это доказываетъ, что количества вещества въ кометахъ, массы ихъ, очень незначительны; а такъ какъ размѣры кометъ велики, то отсюда и видно, что вещество кометъ должно быть въ очень разрѣженномъ состояніи. Вслѣдствіе этого даже видъ кометы можетъ измѣниться такъ, что мы ее не узнаемъ при ея возвращеніи къ солнцу. Укажемъ еще нѣсколько фактовъ. Когда комета при своемъ движеніи закрываетъ отъ насъ звѣзды, то послѣднія даже черезъ ядро кометы бываютъ видны такъ, какъ будто бы между нами и ими ничего не было. А это значитъ, что вещество кометы гораздо болѣе разрѣжено, чѣмъ капли воды въ нашихъ туманахъ и облакахъ: сквозь туманъ и облака не бываетъ видно звѣздъ, хотя туманъ и облака гораздо ближе къ намъ, чѣмъ комета. Далѣе, ядро яркой кометы 1882 года на глазахъ астрономовъ разложилось на нѣсколько ядеръ, а когда ядро прошло передъ солнцемъ (по диску солнца), то на солнцѣ ничего не было видно. Если бы ядро было сплошнымъ тѣломъ, то его наблюдали бы на солнечномъ дискѣ въ видѣ темнаго пятна. Значитъ, лучи солнца свободно проходятъ черезъ ядро, и оно не сплошное.

Нѣсколько разъ астрономы наблюдали прямо распаденіе кометъ на части. Такъ, упомянутая выше комета Брукса 1889 года распалась на 3 части (рис. 91). Самый замѣчательный примѣръ такого рода представила комета Біелы. Ее наблюдали въ 1772 и 1805 годахъ, но не знали, что она періодическая. Только въ 1826 году вычислили ея орбиту и нашли время обращенія въ $6\frac{2}{3}$ лѣтъ. Когда ее снова увидѣли,

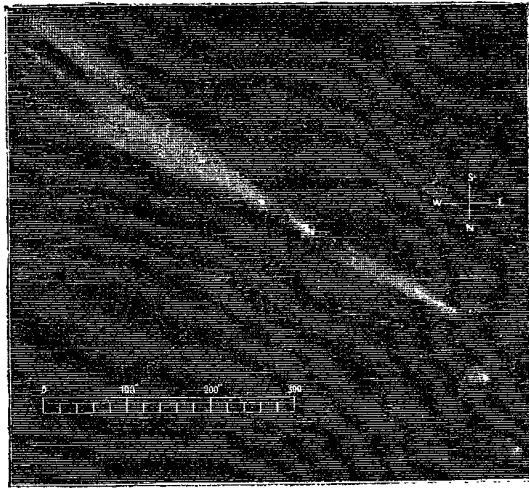


Рис. 91. Комета Брукса.

послѣ трехъ оборотовъ, въ 1846 году, то оказалось, что она разложилась на двѣ отдѣльныхъ кометы (рис. 92). Въ 1859 году двѣ части кометы еще болѣе отделились другъ отъ друга, и больше комету уже не наблюдали. Она исчезла, разложилась совершенно. Какъ мы увидимъ нѣсколько дальше, она превратилась въ потокъ метеоритовъ, т.-е. въ кучу маленькихъ тѣлъ, движущихся по тому же пути, какъ и комета. Эти тѣльца произвели въ 1872 и 1885 годахъ (около 14 ноября) великолѣпные «звѣздные дожди», о которыхъ будетъ сказано дальше.

Такимъ образомъ несомнѣнно, что кометное вещество состоитъ изъ небольшихъ частицъ, довольно сильно разрѣженныхъ, т.-е. удаленныхъ другъ отъ друга. Вначалѣ эти небольшія тѣльца (вѣроятно, вообще не крупнѣе песчинокъ или мелкой гальки, за немно-

гими исключеніями) держатся довольно сплоченной массой, но потомъ постепенно расходятся, разсѣиваются по орбитѣ. Какъ можетъ происходить это разсѣяніе, также будетъ еще разъяснено дальше. Теперь же мы должны рѣшить вопросъ, какъ и почему образуется у кометы хвостъ. Тогда намъ станутъ яснѣе строеніе кометы и самая возможность ея постепеннаго разложенія.

Хвостъ, какъ мы видѣли, всегда направленъ въ сторону, противоположную той, гдѣ находится солнце, и вначалѣ направляется вдоль линіи, соединяющей комету съ солнцемъ (рис. 88). Уже это одно наводитъ на мысль, что вещество кометы гонится въ хвостъ какою-то отталкивающей силой, заключенной въ солнцѣ. Эту мысль высказалъ въ первый разъ нѣмецкій астрономъ Бессель, а затѣмъ широко и полно разработалъ знаменитый русскій астрономъ, академикъ Ф. А.

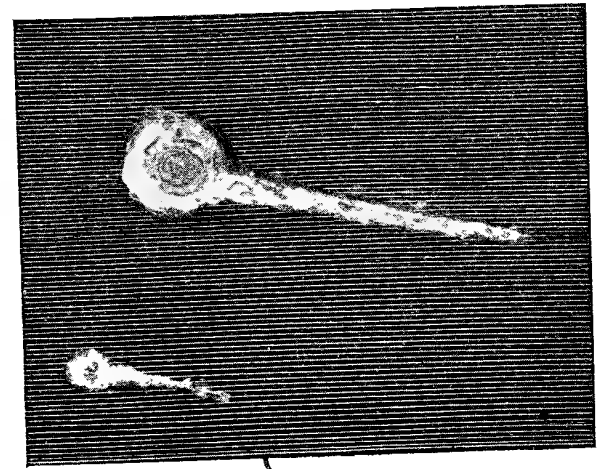


Рис. 92. Комета Биеля.

Бредихинъ (1831 — 1904). По теоріи Бредихина, отталкивательная сила солнца должна дѣйствовать на комету тѣмъ сильнѣе, чѣмъ легче вещество кометы и чѣмъ комета ближе къ солнцу. Поэтому самые длинные и прямые хвосты должны быть у кометъ, состоя-



Рис. 93. Ф. А. Бредихинъ.

щихъ изъ наиболѣ легкаго вещества, самые короткіе и искривленные у кометъ, состоящихъ изъ наиболѣ тяжелаго вещества. Такъ оно и оказалось. Спектральныя изслѣдованія (см. бесѣду IV, стр. 87) показали, что спектръ кометъ отчасти сплошной, такой, какъ у солнца, но кромѣ того содержитъ еще рядъ линий и

полосъ, среди которыхъ выдѣляются три особенныя полосы, принадлежащія углеводородному газу. Такія полосы можно видѣть, если разсматривать въ спектроскопъ синюю часть пламени обыкновенной стеариновой свѣчи. Отсюда видно, что комета содержитъ, во-первыхъ, твердое вещество, которое отражаетъ сол-

нечные лучи, во-вторыхъ, газообразное вещество, которое развивается не сразу, но лишь съ приближеніемъ кометы къ солнцу. И дѣйствительно, затѣмъ оказалось, что наиболѣ прямые и длинные хвосты были у кометъ, въ составъ которыхъ, судя по линіямъ ихъ спектра, входили водородъ и гелій (наиболѣ легкіе газы); наиболѣ же короткіе и искривленные хвосты были у кометъ, спектры коихъ содержали линіи жѣлѣза и другихъ болѣе тяжелыхъ веществъ. Если комета содержитъ вещества различной плотности, то должно получиться нѣсколько хвостовъ различной формы и величины. Такова, вѣроятно, была комета Донати и замѣчательная комета Шезо (1744 года) съ шестью хвостами (рис. 94).

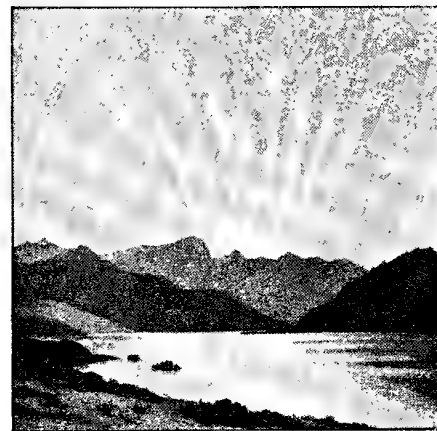


Рис. 94. Комета Шезо.

По Бредихину хвостъ образуется такъ. Комета приближается постепенно къ солнцу, и составныя части ея подвергаются сильному нагрѣванію солнечныхъ лучей. Вещество кометы начинаетъ выдѣлять пары и газы, какъ бы «испаряться». Вначалѣ эти пары направляются къ солнцу и образуютъ вѣерообразные короткіе хвосты (подъ вліяніемъ тяготѣнія къ солнцу). Но затѣмъ отталкивательная сила солнца увеличивается настолько, что пересиливаетъ тяготѣніе, и пары отбрасываются въ настоящій хвостъ кометы, который обво-

лакиваетъ ея голову и имѣетъ форму полого тѣла (вродѣ искривленнаго конуса). Газы и пары, гонимые отталкивательной силой солнца, могутъ увлекать съ собою и мельчайшія твердыя частички, какъ дымъ изъ печной трубы увлекаетъ частички угля (сажу).

Что же это за отталкивательная сила, которую, на ряду съ притягательной силой, приходится приписать солнцу? Объ этомъ еще ничего опредѣленнаго неизвѣстно. Прежде думали, что сила эта — электромагнитнаго характера. Но теперь склоняются къ мысли, гениально отгаданной триста лѣтъ тому назадъ великимъ астрономомъ Кеплеромъ (см. стр. 145). Кеплеръ полагалъ, что хвостъ кометы гонится отъ солнца просто силою солнечныхъ лучей, пронизывающихъ ядро кометы. Въ новѣйшее время теоріи нѣкоторыхъ физиковъ (главнымъ образомъ, англичанина Максвелля) и нѣкоторые опыты (напр., русскаго профессора Лебедева) показываютъ, повидимому, что солнечные лучи, дѣйствительно, обладаютъ силой, способной толкать легкое вещество,вродѣ газовъ въ хвостѣ кометы. Свѣтовые явленія должны сопровождаться движеніемъ особаго рода тонкаго вещества (эѳира), недоступнаго нашему прямому взвѣшиванію. Скорость движенія частицъ этого вещества въ солнечномъ лучѣ громадна, такъ какъ свѣтовое движеніе передается на разстояніе въ 280 тысячъ верстъ въ одну секунду. Поэтому солнечный лучъ долженъ обладать силой давленія, способной двигать легчайшія тѣла. Быть можетъ, эта сила давленія солнечныхъ лучей служить причиной не только образованія кометныхъ хвостовъ, но и еще нѣкоторыхъ, пока загадочныхъ, явленій въ нашей солнечной системѣ. Такова, можетъ быть, причина солнечной короны (см. стр. 83), а также особенныхъ, еще необъясненныхъ явленій —

зодіакальнаго свѣта и отблеска. Послѣдній виденъ иногда противъ солнца на небѣ, когда солнце уже скрылось подъ горизонтъ, и при этомъ небо ясно, нѣтъ луны, и отблескъ не падаетъ на Млечный путь (см. стр. 246). Зодіакальный свѣтъ — очень слабое, мягкое сіяніе; оно наблюдается особенно хорошо въ тропическихъ странахъ послѣ заката и (хуже) передъ восходомъ солнца (см. рис. 95). Это сіяніе имѣетъ

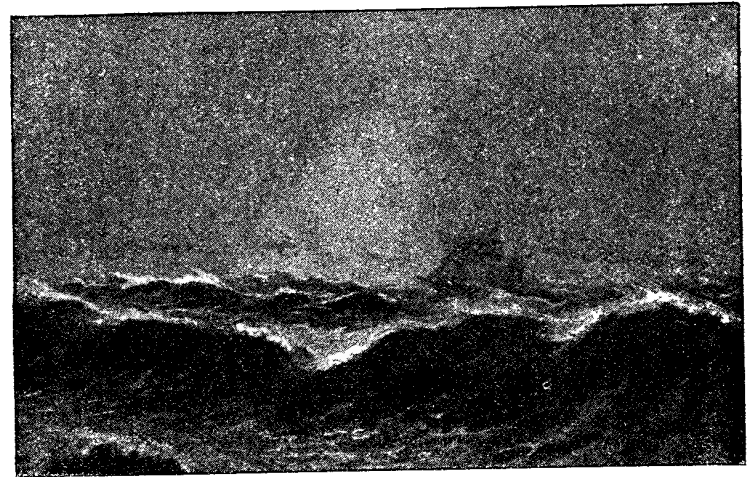


Рис. 95. Зодіакальный свѣтъ.

обыкновенно видъ наклонной къ горизонту пирамиды. Оно простирается въ плоскости эклиптики (орбиты земли) почти до разстоянія земли отъ солнца. У насъ оно бываетъ лучше всего видно весною по вечерамъ (на западѣ и юго-западѣ). Причина зодіакальнаго свѣта, можетъ быть, лежитъ въ томъ, что мельчайшія частички вещества, носящіяся кругомъ солнца и оттолкнутыя солнечными лучами, отбрасываютъ къ намъ солнечный свѣтъ. Причина же отблеска пока еще совершенно не установлена.

Далѣе мы будемъ говорить о природѣ тѣхъ твердыхъ частицъ, которыя, вѣроятно, входятъ въ составъ каждой кометы. Но раньше того намъ придется познакомиться съ явленіемъ, которое, повидимому, не имѣетъ никакого отношенія къ кометамъ. Это явленіе—падающія (или падающая) звѣзды—явленіе, хорошо знакомое каждому. Падающія звѣзды можно наблюдать каждую ночь. Въ часъ ихъ можно насчитать отъ 4 до 6, если внимательно оглядывать все небо. Утромъ ихъ видно больше, чѣмъ вечеромъ, осенью больше, чѣмъ весною. Причина такой разницы будетъ объяснена дальше. Теперь же попробуемъ рѣшить вопросъ о томъ, что такое падающая звѣзда?

Нетрудно замѣтить, что никакія звѣзды на самомъ дѣлѣ не падаютъ: всѣ звѣзды, если справляться со звѣздною картой, остаются на своихъ мѣстахъ. Слѣдовательно, явленіе падающихъ звѣздъ производятъ вовсе не звѣзды, а какія-то особыя тѣла. Прежде думали, что эти тѣла зарождаются въ воздухѣ. Но потомъ оказалось, что движеніе этихъ тѣлъ обладаетъ такой громадной скоростью (40 и даже 60 верстъ въ секунду), что ничего подобнаго на поверхности земного шара никогда не наблюдается. Далѣе, иногда эти тѣла, не успѣвъ сгорѣть въ воздухѣ, достигали земной поверхности; химическое изслѣдованіе, произведенное знаменитымъ Лавуазье надъ однимъ изъ такихъ камней, показало, что въ нихъ имѣются такія химическія соединенія, которыхъ не встрѣчали въ земной корѣ. Наконецъ, явленія «звѣздныхъ дождей», когда падающія звѣзды внезапно появляются сотнями тысячъ, показали вполне ясно, что тѣла эти движутся къ намъ изъ отдаленнѣйшихъ междупланетныхъ и даже, вѣроятно, междוזвѣздныхъ пространствъ (объ этомъ еще будетъ рѣчь впереди). Падающія звѣзды раз-

личаются скоростью своего движенія и яркостью. Скорость движенія опредѣляется вмѣстѣ съ опредѣленіемъ высоты, на которой загораются падающія звѣзды. Для этого два наблюдателя становятся на разстояніи нѣсколькихъ десятковъ верстъ другъ отъ друга и стараются возможно точно опредѣлить направленія на одну и ту же падающую звѣзду въ началѣ и въ концѣ ея видимаго полета. Отсюда, зная разстояніе между наблюдателями, ихъ относительное положеніе и время движенія звѣзды, можно опредѣлить высоту звѣзды и скорость движенія. Такія измѣренія показали, что падающія звѣзды загораются обыкновенно на высотѣ 100—200 верстъ, а скорость ихъ можетъ достигать 40 и даже 60 верстъ въ секунду. Принимая въ расчетъ такую огромную скорость, которая можетъ еще иногда складываться со скоростью самой земли (28 верстъ въ секунду), если тѣло движется навстрѣчу землѣ, мы поймемъ причину вспыхиванія падающихъ звѣздъ.

Падающія звѣзды—это, очевидно, темныя тѣла, которыя загораются только при вступленіи въ земную атмосферу. Въсѣ ихъ, судя по силѣ развиваемаго свѣта, обыкновенно не болѣе $\frac{1}{4}$ золотника. Несмотря на то, что на высотѣ 100—200 верстъ земная атмосфера должна быть разрѣжена, при огромной скорости этихъ тѣлецъ она все-таки должна оказывать такое сопротивленіе ихъ движенію, что они сильно раскаляются и начинаютъ свѣтиться яркимъ свѣтомъ. Вычисленія показали, что температура при этомъ можетъ достигнуть 2—3 тысячъ градусовъ. Такая температура совершенно достаточна, чтобы расплавить и заставить свѣтиться самое тугоплавкое вещество. Поверхность камней, найденныхъ послѣ разрыва въ воздухѣ такъ называемыхъ болидовъ (наиболѣе крупныхъ падаю-

ныхъ звѣздъ), оказалась дѣйствительно оплавленной въслѣдствіе тренія объ атмосферу и сильно нагрѣтой, тогда какъ внутренность камня оставалась холодной. По химическому составу камни эти оказались двухъ родовъ. Одни изъ нихъ содержали большое количество почти чистаго (никкелистаго) желѣза, другіе не содержали его. Всѣ химическіе элементы были тѣ, какіе встрѣчаются въ земной корѣ, но нѣкоторыя соединенія этихъ элементовъ были такія, какихъ на землѣ до сихъ поръ не встрѣчали. Будемъ дальше называть всѣ такія тѣла общимъ именемъ метеоритовъ.

Посмотримъ, почему паденіе метеоритовъ случается то чаще, то рѣже.

Наблюденія показываютъ, что скорости и направленія движеній метеоритовъ весьма разнообразны. Это разнообразіе и даетъ начало разницѣ въ частотѣ паденій ихъ утромъ и вечеромъ, весною и осенью. На рисункѣ 96 изображенъ земной шаръ, вращающійся вокругъ оси по направленію изогнутыхъ стрѣлокъ и движущійся въ томъ же самомъ направленіи вокругъ солнца по орбитѣ, которая обозначена пунктиромъ (точками). Заштрихованная сторона земли та, гдѣ ночь, незаштрихованная та, гдѣ день; въ точкѣ *У* у наблюдателя начинается утро, въ точкѣ *В* — вечеръ. Прямые стрѣлки обозначаютъ пути метеоритовъ; изъ послѣднихъ для простоты разсужденія мы беремъ только такіе, которые движутся параллельно съ землей, т.е. или прямо навстрѣчу ей, или прямо по направленію ея движенія. Передъ утромъ наблюдатель движется вокругъ земной оси къ точкѣ *У*; ясно, что онъ непременно увидитъ всѣ метеориты, которые движутся навстрѣчу землѣ, а также и тѣ, которыхъ скорость меньше земной скорости, и которые земля догоняетъ. Наоборотъ, вечеромъ, двигаясь отъ точки *В*,

наблюдатель совершенно не можетъ видѣть встрѣчныхъ метеоритовъ, а изъ прочихъ увидитъ только тѣ, которые догоняютъ землю, т.е. скорость которыхъ больше скорости земли. Ясно, что утромъ число паденій метеоритовъ будетъ больше, чѣмъ вечеромъ. Что касается различной частоты паденій осенью и весною, то объяснить это явленіе уже труднѣе. Сущность объясненія сводится къ слѣдующему. Осенью та точка неба, по направленію къ которой движется земля, стоитъ выше надъ горизонтомъ наблюдателя,

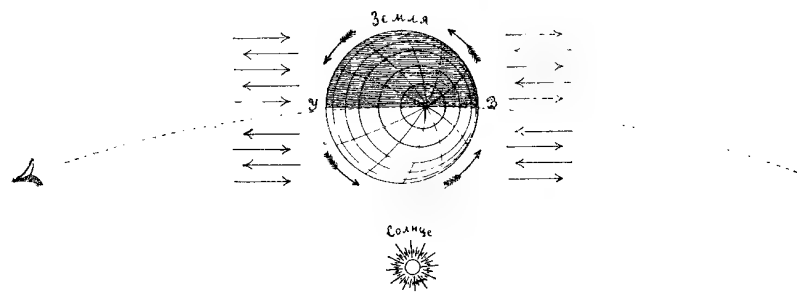


Рис. 96. Земля и метеориты.

чѣмъ весною. А число паденій, если считать, что метеориты распределены по скоростямъ и по направленіямъ движеній равномерно, будетъ, конечно, тѣмъ болѣе, чѣмъ выше стоитъ указанная точка надъ горизонтомъ.

Иногда величина и сила свѣта метеоритовъ бываетъ такъ значительна, что, проносясь по воздуху, они освѣщаютъ все небо, подобно лунѣ и даже солнцу. Такіе метеориты называются болидами. Скорость ихъ обыкновенно сильно уменьшается въслѣдствіе тренія объ атмосферу, а нагрѣваніе окружающаго воздуха бываетъ такъ велико, что онъ свѣтится, и потому послѣ болида остается огненный слѣдъ. Вѣроятно,

такія явленія и дали поводъ къ древнимъ сказкамъ объ огненныхъ змѣяхъ, летавшихъ, будто бы, по воздуху (см. рис. 97). Разница въ температурѣ на поверх-

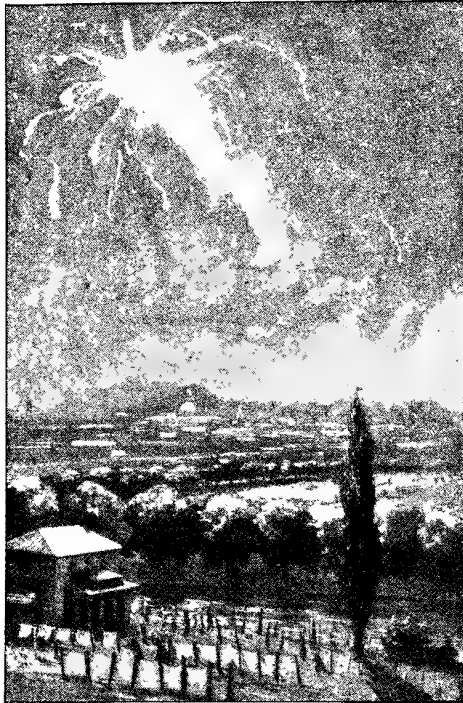


Рис. 97. Болидъ.

ности и внутри болида бываетъ такъ велика, что онъ иногда разбивается на части съ шумомъ, подобнымъ пушечному выстрѣлу; на примѣръ, при паденіи болида въ 1887 году звукъ слышенъ былъ за 100 верстъ, а за 20 верстъ звенѣли стекла. При этомъ иногда на землю падали камни, которые и были названы аэролитами, т.-е. воздушными камнями. Вообще, если метеоритъ имѣетъ значительную ве-

личину и движется такъ, что не вылетаетъ вонъ изъ земной атмосферы, то онъ можетъ достигнуть земной поверхности, не сгорѣвъ дотла въ воздухѣ. Иногда аэролиты падали въ большомъ количествѣ. На примѣръ, въ 1868 году въ г. Пултускѣ упало до 100 тысячъ камней, покрывшихъ округъ въ 14 верстъ въ діаметрѣ. Въ исторіи извѣстно до 500 случаевъ паденій «небес-

ныхъ камней». Особого вреда эти паденія не причиняли. Извѣстенъ лишь одинъ удостовѣренный случай, когда человѣкъ былъ убитъ аэролитомъ. Конечно, большинство случаевъ паденія камней, вѣроятно, осталось неизвѣстнымъ, такъ какъ камни падали вдали отъ населенныхъ мѣстностей; и теперь иногда находятъ странные, темные, оплавленные снаружи глыбы, представляющія несомнѣнно упавшіе когда-то метеориты. Таковъ желѣзный аэролитъ въ 42 пуда вѣсомъ, найденный въ Сибири путешественникомъ Палласомъ (въ концѣ 18-го вѣка) и хранящійся въ музеѣ Спб. Горнаго Института. Аэролитомъ же, вѣроятно, нужно считать большой черный камень, которому въ Каабѣ (Мекка) поклоняются мусульмане и который, по ихъ преданіямъ, былъ посланъ съ неба Аврааму. Вѣсь такихъ камней бываетъ иногда весьма великъ, до нѣсколькихъ сотенъ пудовъ. Форма упавшихъ камней всегда весьма неправильная; только та сторона, которою метеоритъ летѣлъ впередъ, бываетъ оплавлена и болѣе округлена (см. рис. 98).

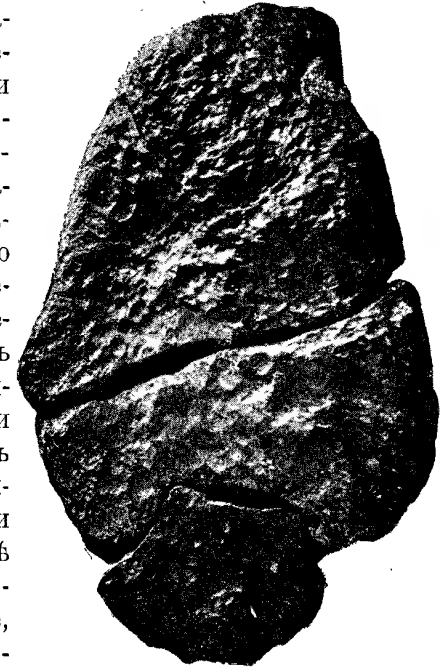


Рис. 98. Метеорное тѣло.

Такимъ образомъ нужно признать, что, кромѣ звѣздъ и планетъ, въ междупланетныхъ и междузвѣздныхъ пространствахъ движутся мелкія, неправильной формы, большею частью, вѣроятно, желѣзистыя тѣла. Величина ихъ большею частью не превосходитъ величины дробинки или даже булавочной головки, и ихъ вполнѣ правильно называютъ космическою (міровою) пылью; только изрѣдка вѣсъ и величина ихъ бываютъ значительными; но и самые большіе изъ нихъ по сравненію съ звѣздами и планетами являются также не больше, какъ пылинками.

Самый большой для науки интересъ представляютъ, однако, не отдѣльные метеориты, а тѣ, которые движутся группами, даже цѣлыми тучами, и которые производятъ въ земной атмосферѣ великолѣпнѣйшее явленіе «звѣздныхъ дождей».

Первое точное описаніе этого замѣчательнаго явленія далъ Александръ Гумбольдтъ (1769—1859), знаменитый нѣмецкій путешественникъ и ученый, который наблюдалъ его въ Андахъ—горахъ Южной Америки 1 ноября 1799 года. По его описанію, около 2 часовъ ночи начался настоящій звѣздный дождь, похожій на великолѣпный громадный фейерверкъ: падающія звѣзды тысячами бороздили небосводъ во всѣхъ мѣстахъ и по всевозможнымъ направленіямъ. Дождь продолжался нѣсколько часовъ. Отъ старожиловъ-туземцевъ Гумбольдтъ узналъ, что такой же обильный звѣздный дождь наблюдали въ 1766 году, 33 года назадъ. Но Гумбольдтъ однимъ описаніемъ дождя и ограничился и не изслѣдовалъ явленія. Только когда звѣздный дождь, еще болѣе обильный, повторился въ 1833 году, стало ясно, что явленіе это періодическое и повторяется черезъ каждые 33 года. Новаго появленія дождя ожидали около 1 ноября 1866 года. Дождь



Рис. 99. Гумбольдтъ въ Андахъ во время звѣзднаго дождя.

наблюдался въ 1866 и 1867 годахъ. Къ этому времени была найдена и теорія явленія, которая привела къ замѣчательному астрономическому открытію: была несомнѣнно установлена вполнѣ связи между кометами и явленіемъ звѣздныхъ дождей. Главныя черты теоріи состоятъ въ слѣдующемъ.

Замѣчено было, что, если мысленно продолжить назадъ линіи, по которымъ движутся метеориты въ звѣздномъ дождѣ, то получается удивительный резуль-

татъ: всѣ пути пересѣкаются приблизительно въ одной точкѣ (рис. 100). Для дождя 1 ноября эта точка всегда находится въ опредѣленномъ мѣстѣ созвѣздія Льва. Вотъ почему метеориты, производящіе этотъ звѣздный дождь, были названы леонидами (по-латински Левъ—Леон). Точка расхожденія падающихъ звѣздъ была названа радіантомъ. Положеніе радіанта на

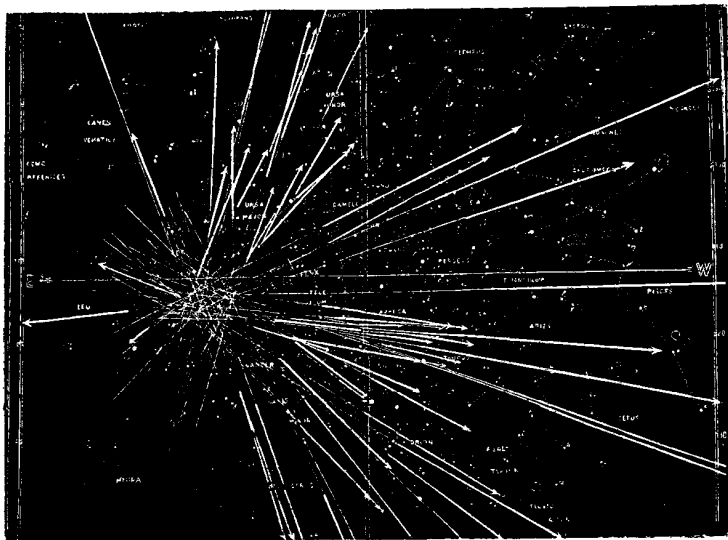


Рис. 100. Радіантъ.

небѣ всегда остается одно и то же; оно не зависитъ ни отъ мѣста наблюдателя на земной поверхности, ни отъ положенія земли на ея орбитѣ. Если бы радіантъ находился въ земной атмосферѣ, т.-е. близко отъ поверхности земли, на высотѣ вспыхиванія звѣздъ, то различнымъ наблюдателямъ онъ казался бы въ различныхъ точкахъ небосвода. Значитъ, на самомъ дѣлѣ никакого радіанта не существуетъ, это — кажущееся

явленіе. Происходитъ оно вотъ почему. На самомъ дѣлѣ всѣ метеориты движутся параллельно другъ другу, однимъ потокомъ. Направленіе ихъ движенія на рис. 101 обозначено стрѣлками. Когда они вступаютъ въ слой воздуха E , гдѣ они загораются и потухаютъ, то наблюдатель A съ поверхности земли увидитъ яркіе слѣды ихъ движенія по воздуху: ab , $a'b'$, $a''b''$, $a'''b'''$. Какія бы линіи (одинаковыя и параллельныя) ни описывали метеориты, частицы ихъ путей ab , $a'b'$ и т. д. въ слой E можно, по малости времени движенія, считать прямыми, параллельными между собою. Если вообразить затѣмъ изъ точки A прямую AP , параллельную этимъ прямымъ, то въ пересѣченіи съ кажущимся небосводомъ она и дастъ точку радіанта, изъ которой будутъ казаться выходящими слѣды всѣхъ путей ab , $a'b'$ и т. д. Эти слѣды должны казаться сходящимися въ одной точкѣ вслѣдствіе такъ называемаго перспективнаго сокращенія (подобно тому какъ кажутся сходящимися вдали края длинной прямой аллеи). Зная положеніе радіанта, мы знаемъ тѣмъ самымъ и направленіе метеоритовъ, составляющихъ потокъ. А зная еще скорость движенія метеоритовъ, можно далѣе опредѣлить форму, величину и положеніе въ пространствѣ того пути, по которому они движутся.

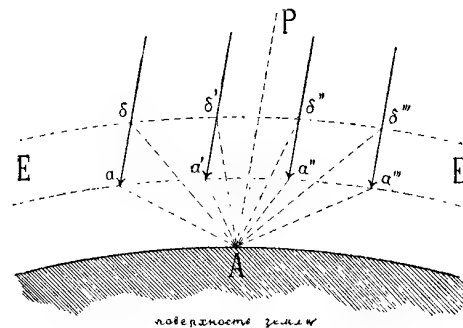


Рис. 101. Объясненіе радіанта.

Когда французскій астрономъ Леверрье сдѣлалъ вычисленіе для потока леонидовъ, то оказалось, что этотъ потокъ движется по огромному растянутому эллипсу, длина котораго въ 10 слишкомъ разъ больше діаметра земной орбиты. Перигелій орбиты леонидовъ приходится почти на орбитѣ земли; обѣ орбиты пересекаются тамъ, гдѣ земля бываетъ около 1 ноября; въ это время она встрѣчаетъ потокъ, и потому получается явленіе звѣзднаго дождя. Афелій же орбиты леонидовъ заходитъ за орбиту Урана (см. рис. 102). Потокъ метеоритовъ, составляющій леониды, не распределенъ вдоль всей орбиты, но скученъ, главнымъ образомъ, въ одномъ мѣстѣ орбиты, занимая приблизительно $\frac{1}{15}$ часть ея длины. При встрѣчѣ съ землей метеориты потока имѣютъ скорость до 40 верстъ въ секунду. Несмотря на такую громадную скорость, потокъ употребляетъ три года на прохожденіе черезъ точку встрѣчи съ землей, — такъ велика длина потока. Вотъ почему звѣздный дождь случается три года подъ рядъ, около перваго ноября; а потомъ онъ не повторяется въ теченіе 30 лѣтъ, такъ какъ потокъ обрапцается по своей орбитѣ вокругъ солнца въ теченіе $33\frac{1}{4}$ лѣтъ. Солнце, какъ всегда, находится въ фокусѣ эллиптической орбиты; движеніе потока обратное (движенію земли), а плоскость орбиты леонидовъ наклонена къ плоскости орбиты земли (къ эклиптикѣ) на $17\frac{3}{4}$ градусовъ.

Потокъ леонидовъ принадлежитъ къ роду густыхъ, скученныхъ потоковъ, которые даютъ обильные звѣздные дожди, но только черезъ извѣстные длинные промежутки времени. Есть еще иные потоки, которые даютъ не обильные звѣздные дожди, но зато ежегодные. Таковъ давно извѣстный звѣздный дождь, ежегодно повторяющійся между 24 іюля и 3 августа (обильнѣе всего 28—30 іюля). Онъ называется дождемъ

персеидовъ, такъ какъ радіантъ его находится въ созвѣздіи Персея. Афелій орбиты персеидовъ заходитъ, самое меньшее, въ полтора раза дальше орбиты Нептуна (45 земныхъ разстояній). Движеніе персеидовъ обратное. Наклонъ орбиты къ эклиптикѣ 63 градуса. Время полного оборота метеоритовъ, составляющихъ потокъ, а потому и величина орбиты ихъ, съ точностью не опредѣлены. Возможны два числа: 108 и $121\frac{1}{2}$ лѣтъ. Метеориты распределены по всей орбитѣ довольно равномерно. Поэтому ежегодно, въ точкѣ пересѣченія орбиты персеидовъ съ орбитой земли, около 29 іюля наступаетъ звѣздный дождь (въ католическихъ земляхъ онъ называется слезами св. Лаврентія въ честь святого, память котораго празднуютъ около этого времени).

Наблюденія и вычисленія послѣдняго времени показываютъ, повидимому, что отдѣльно движущихся

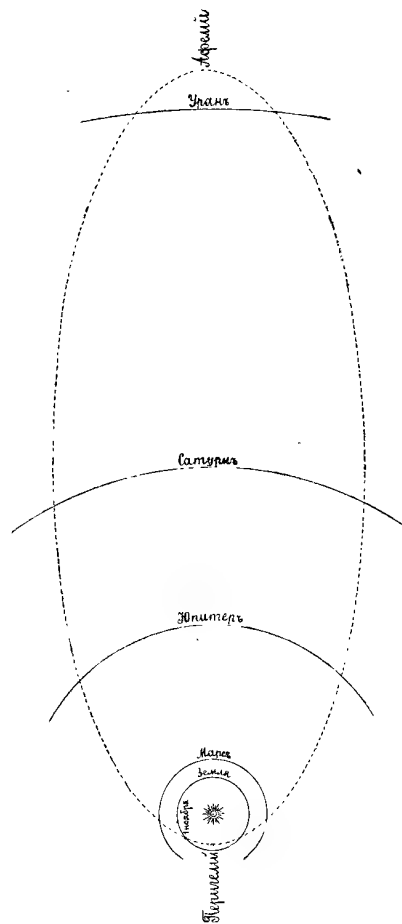


Рис. 102. Орбита леонидовъ.

метеоритовъ почти не существуетъ. Такими, можно думать, являются только тѣ метеориты, скорость движенія которыхъ превышаетъ сорокъ верстъ въ секунду, и которые, вѣроятно, приходятъ къ намъ изъ междузвѣдныхъ пространствъ. Большинство метеоритовъ принадлежатъ различнымъ потокамъ, которыхъ теперь насчитывается нѣсколько тысячъ. Изъ этихъ потоковъ наиболѣе обильны: лириды, падающіе между 4—10 апрѣля, съ радіантомъ въ созвѣздіи Лиры; аквариды—18—24 апрѣля (радiантъ въ созвѣздіи Водолея); другіе аквариды падаютъ 11 іюля—13 августа, наиболѣе обильно 16 іюля; оріониды—27 сентября—17 октября (радiантъ въ созвѣздіи Оріона); геминиды—19 ноября—2 декабря (радiантъ въ созвѣздіи Близнецовъ); андромедиды или біелиды—13—18 ноября (радiантъ въ созвѣздіи Андромеды). О созвѣздіяхъ этихъ см. бес. VII, стр. 240—246, а также звѣздную карту, стр. 240.

Особенную важность для болѣе полного пониманія природы кометъ и потоковъ метеоритовъ имѣло открытіе, сдѣланное итальянскимъ астрономомъ Скиапарелли въ 1866 году. Сравнивая орбиту потока леонидовъ съ орбитой кометы 1866 года, Скиапарелли обнаружилъ почти полное сходство этихъ орбитъ: величина, форма и положеніе орбиты, направленіе движенія и время оборота кометы—все совершенно сходилось съ тѣми же элементами въ орбитѣ леонидовъ. Комета шла только нѣсколько впереди главной массы потока и раньше ея прошла черезъ свой перигелій. Подобное же, но меньшее сходство обнаружилось въ орбитѣ кометы 1862 года съ орбитой потока персеидовъ. Еще болѣе несомнѣнной стала эта неожиданная связь двухъ отдаленныхъ и непохожихъ другъ на друга явленій—маленькой падучей звѣзды и громадной

кометы,—когда на глазахъ астрономовъ комета Біелы превратилась въ потокъ метеоритовъ, производящій звѣздный дождь черезъ каждыя тринадцать лѣтъ, около 14 ноября. Было уже сказано, что комету Біелы послѣдній разъ наблюдали въ 1859 году. Затѣмъ, когда она перестала появляться, стали думать, что на мѣсто ея появится звѣздный дождь. Около 14 ноября 1872 г., по расчетамъ астрономовъ, и долженъ былъ въ такомъ случаѣ наступить звѣздный дождь. Предсказаніе исполнилось совершенно точно, и радіантъ потока метеоритовъ оказался тамъ, гдѣ его напередъ указали, — въ созвѣздіи Андромеды. Звѣздный дождь 14 ноября 1872 года былъ чрезвычайно обильнѣнъ. Метеориты потока двигались точно по орбитѣ



Рис. 103. Скиапарелли.

исчезнувшей кометы Біелы. Такъ какъ время оборота кометы Біелы содержитъ неполное число лѣтъ ($6\frac{2}{3}$), то звѣздный дождь могъ повториться только при второмъ обращеніи, въ 1885 году, когда земля опять встрѣтила 14 ноября значительную массу метеоритовъ. Звѣздный дождь въ 1885 году наблюдался также очень обильный. Такимъ образомъ была установлена несомнѣнная связь между потоками метеоритовъ и коме-

тами, и съ этихъ поръ можно было считать, что потоки метеоритовъ и отдѣльныя падающія звѣзды (въ большинствѣ) происходятъ отъ разложенія кометъ. Но почему комета разлагается?

Ходъ постепеннаго разложенія кометы мы можемъ представить себѣ такъ (рис. 104). Масса небольшихъ тѣлецъ *аоб* движется вокругъ солнца по очень растянутому эллипсу. Тѣльца эти удерживаются другъ около друга взаимнымъ притяженіемъ, но настолько отдалены другъ отъ друга, что это не мѣшаетъ имъ описывать самостоятельныя орбиты (по законамъ Кеплера, см. стр. 149—152). По законамъ Кеплера, частицы, болѣе близкія къ солнцу, должны двигаться съ большею скоростью. Поэтому какое-нибудь тѣльце *а* постепенно уйдетъ впередъ отъ тѣльца *о*, находящагося въ срединѣ массы метеоритовъ, а тѣльце *б*, наоборотъ, отъ тѣльца *о* отстанетъ. Такимъ образомъ скопище метеоритовъ приметъ постепенно все болѣе и болѣе растянутыя формы *а'б'*, *а''б''*, *а'''б'''*. При повтореніи оборотовъ вокругъ солнца разложеніе все усиливается, и масса метеоритовъ можетъ понемногу равномерно растянуться по всей орбитѣ. Когда скопленіе метеоритовъ еще довольно сильно сплочено, вблизи солнца оно можетъ дать начало одной или даже нѣсколькимъ кометамъ, которыя будутъ двигаться по самостоятельнымъ, но весьма близкимъ между собою орбитамъ. Но при повтореніи оборотовъ туча метеоритовъ постепенно расплывается по орбитѣ, превращается въ потокъ отдѣльно движущихся, какъ бы разбѣденныхъ тѣлецъ и можетъ производить уже только явленіе звѣзднаго дождя. Однако, иногда по той же орбитѣ еще продолжаетъ двигаться часть этихъ метеоритовъ, достаточно сплоченныхъ, чтобы образовать вблизи солнца комету. Кометы, если согласиться съ

этой теоріей, должны постепенно терять свое вещество, становиться менѣ яркими и терять способность образовывать яркій хвостъ. И дѣйствительно, комета Галлея была въ 1835 году уже менѣ ярка, комета Энке лишена хвоста и т. п.

Отсюда видно, что потоки, дающіе необильные дожди, но ежегодно повторяющіеся, могутъ считаться болѣе старыми, т.-е. совершившими большее количество оборотовъ, чѣмъ потоки, дающіе обильные, но рѣдкіе

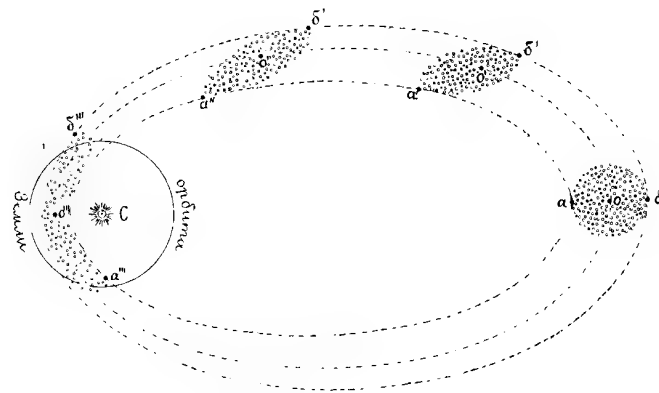


Рис. 104. Разложеніе кометы.

дожди. Потокъ леонидовъ, на примѣръ, можно считать менѣ старымъ, чѣмъ потокъ персеидовъ. Изслѣдованія Леверрье по этому поводу показали, что потокъ леонидовъ могъ быть введенъ въ нашу солнечную систему притяженіемъ Урана, близко отъ котораго онъ прошелъ въ 126 году по Р. Х. По мнѣнію Леверрье, потокъ двигался (прямолинейно) изъ междувзвѣднаго пространства, но подъ вліяніемъ Урана былъ отклоненъ отъ своего первоначальнаго движенія и сдѣлался членомъ нашей солнечной системы. Впрочемъ, при сужденіи о подобнаго рода вопросахъ нельзя не соблю-

дать осторожности. Изслѣдованія орбитъ, какъ потоковъ, такъ и кометъ, далеко не легки, и возмущающее дѣйствіе планетъ часто совершенно измѣняетъ ихъ орбиты. Уже дожди леонидовъ и андромедидовъ, которыхъ ожидали въ 1899 и 1898 годахъ, были, къ удивленію астрономовъ, вовсе не обильны. Причину этого приписали отклоняющему дѣйствію большихъ планетъ, притянувшихъ къ себѣ рой метеоритовъ, который поэтому измѣнилъ свое движеніе. Орбиты потоковъ измѣнили свое положеніе и форму, и потому земля въ ожидаемый день не встрѣтила главной массы метеоритовъ. Дальнѣйшія наблюденія и вычисленія покажутъ, вѣроятно, насколько правильно такое предположеніе.

Самыя наблюденія движенія потоковъ и вообще падающихъ звѣздъ крайне просты, и даже наблюдатель-любитель астрономіи, научившись тщательно и осторожно производить наблюденія, можетъ добыть цѣнныя данныя для изслѣдованія движенія метеоритовъ. Наблюденія сводятся: 1) къ оцѣнкѣ яркости метеорита; 2) къ счету метеоритовъ, составляющихъ потокъ, въ теченіе извѣстнаго промежутка времени (для этого указываются опредѣленные дни и мѣсто радіанта); 3) къ опредѣленію по звѣздной картѣ мѣста появленія и исчезновенія метеорита и, наконецъ, 4) къ опредѣленію положенія радіанта. Болѣе опытные наблюдатели, при помощи простыхъ инструментовъ и вычисленій, могутъ опредѣлить высоту появленія метеорита и скорость его полета. Подробную инструкцію къ наблюденіямъ падающихъ звѣздъ читатели найдутъ въ «Русскомъ Астрономическомъ Календарѣ», постоянная часть (изданіе кружка любителей физики и астрономіи въ Нижнемъ-Новгородѣ. Ц. 50 коп.). Въ разработкѣ теоріи метеоритныхъ потоковъ и связи ихъ съ

кометами особенно выдаются труды покойнаго русскаго академика Ф. А. Бредихина.

Изъ всего сказаннаго выше о кометахъ и потокахъ метеоритовъ можно сдѣлать слѣдующіе общіе выводы.

Въ нашей планетной системѣ въ различныхъ направленіяхъ и подъ всевозможными углами къ общей плоскости движенія планетъ (къ эклиптикѣ) движется множество метеоритовъ — небольшихъ тѣлъ, большею частью желѣзистаго состава; движутся они чаще всего цѣлыми роями, въ которыхъ заключаются миллиарды этихъ маленькихъ тѣлъ, подобно тучамъ песку или пыли. Орбиты этихъ тучъ «космической пыли» представляютъ собою весьма растянутые, сильно сплюснутые эллипсы громадныхъ нерѣдко размѣровъ. Солнце находится въ фокусѣ этихъ эллипсовъ, и движеніе метеоритовъ подчиняется, какъ и движеніе планетъ, закону всеобщаго тяготѣнія. Въ наибольшемъ своемъ удаленіи отъ солнца они могутъ быть въ сотни разъ дальше самой крайней извѣстной намъ планеты (Нептуна), разстояніе которой отъ солнца содержитъ свыше 4.200 тысячъ верстъ. Въ такихъ случаяхъ время оборота роя метеоритовъ вокругъ солнца измѣняется тысячами лѣтъ. Весьма возможно, что существуютъ потоки метеоритовъ и отдѣльные метеориты, приходящіе въ область нашей планетной системы также изъ междוזвѣздныхъ пространствъ. Двигаясь вдали отъ нашей системы прямолинейно и равномерно, эти тѣла попадаютъ иногда «въ сферу притягательнаго дѣйствія» планетъ и солнца. Притяженіе отклоняетъ ихъ отъ прежняго прямолинейнаго движенія, измѣняетъ направленіе и скорость движенія, и тогда метеориты начинаютъ описывать вокругъ солнца (вѣроятно, также и вокругъ планетъ) растянутые эллипсы или параболы, смотря по величинѣ скорости движенія. Въ первомъ

случаѣ отдѣльные метеориты или потоки метеоритовъ становятся членами нашей солнечной системы, если только возмущающее дѣйствіе планетъ со временемъ снова не выброситъ ихъ изъ нашей системы, увеличивъ скорость ихъ движенія. Во второмъ случаѣ, обогнувъ солнце (или планету), метеориты снова уносятся въ бездны пространства, снова движутся тамъ неопредѣленно долгое время, пока, черезъ миллионы лѣтъ, не встрѣтятъ на своемъ пути другого солнца, другой планетной системы. Въ ближайшей къ солнцу точкѣ своей орбиты (перигелии) скопленія метеоритовъ, когда они достаточно сплочены дѣйствіемъ взаимнаго притяженія, превращаются въ блестящія кометы подѣ влияніемъ силы солнечныхъ лучей. Встрѣчаясь же съ землей, метеориты притягиваются ею, сильно раскаляются вслѣдствіе тренія объ атмосферу и производятъ явленія падающихъ звѣздъ и звѣздныхъ дождей; самые крупные изъ метеоритовъ иногда не успѣваютъ сгорѣть и достигаютъ земной поверхности (аэролиты). Химическій составъ этихъ тѣлъ не опровергаетъ ихъ принадлежности къ нашей планетной системѣ, такъ какъ всѣ химическіе элементы въ нихъ тѣ же, что и въ земной корѣ. Поэтому есть полное основаніе предполагать, что метеорныя тѣла, производящія явленія кометъ и падающихъ звѣздъ, суть не что иное, какъ мельчайшіе остатки отъ той, постепенно, миллионы лѣтъ сгущавшейся туманности, изъ которой, по всѣмъ вѣроятіямъ, произошли наше солнце, земля и планеты (см. бесѣду IV, стр. 101, а также бесѣду VIII). Это тѣ именно частицы первичной огромной туманности, которыя не вошли въ составъ солнца и планетъ. Очень вѣроятно, что всѣ метеориты, существующіе въ глубинахъ пространства, принадлежатъ различнымъ планетнымъ системамъ и большею частью движутся вну-

три этихъ системъ, вокругъ центральныхъ свѣтилъ — звѣздъ. И только выброшенные изъ такихъ системъ возмущающей силой планетъ, метеориты отправляются въ далекое самостоятельное путешествіе по неизмѣримымъ міровымъ пространствамъ, пока не встрѣтятъ на своемъ пути притягательнаго дѣйствія другихъ солнцъ, другихъ планетныхъ системъ. Но возможно также, что въ междוזвѣздныхъ пространствахъ движутся и вполне самостоятельные метеориты, не принадлежавшіе никогда къ какой-либо планетной системѣ.

Что касается опасности встрѣчи подобныхъ тѣлъ съ землей, то наука совершенно разсѣяла на этотъ счетъ пугающія и теперь еще многихъ опасенія. Въ 1861 году земля несомнѣнно прошла сквозь хвостъ кометы, и это рѣшительно не сопровождалось никакими, чѣмъ-либо замѣтными, явленіями. Самое большое, что можетъ случиться,—это великолѣпный звѣздный дождь, причемъ на поверхность земли можетъ иногда упасть нѣсколько болѣе или менѣе крупныхъ камней. Земной шаръ ежедневно, ежечасно бомбардируется ударами частицъ этой ничтожной въ сравненіи съ нимъ «космической пыли», и его воздушная оболочка служить совершенно достаточнымъ панциремъ, чтобы умѣрить силу почти всѣхъ такихъ ударовъ. Громадное большинство метеоритовъ сгораетъ, не успѣвъ достигнуть земной поверхности, и исчезаетъ безслѣдно въ пыли и дыму нижнихъ слоевъ воздуха. Только на дѣвственныхъ снѣгахъ высочайшихъ горныхъ хребтовъ можно пайти иногда налетъ желѣзистой пыли, которая представляетъ собою, вѣроятно, какъ бы золу отъ сгорѣвшихъ метеоритовъ, да еще на днѣ океановъ иногда также находятъ такую же желѣзистую пыль вмѣстѣ съ другими водными осадками. Кромѣ того, какъ мы ви-

дѣли, метеориты, можетъ-быть, даютъ начало явленію солнечной короны и зодіакальнаго свѣта.

Таковы выводы науки о явленіяхъ, когда-то пугавшихъ воображеніе даже болѣе или менѣе образованныхъ людей, да и теперь еще вызывающихъ нерѣдко нелѣпыя предсказанія «кончины міра» отъ столкновенія съ кометой (таковы, напримѣръ, были предсказаніе Миллера въ 1843 году и Фальба по поводу звѣзднаго дождя 1899 года, который почти не появился).

И нельзя не дивиться силѣ человѣческаго разума, вооруженнаго точными знаніями, который сумѣлъ разсѣять суевѣрную тайну, окружавшую загадочныя явленія, и перекинуть связующій мостъ между такими разнородными по внѣшнему виду предметами, какъ огромная комета и незначительная падучая звѣздочка. Наука обнаружила общее происхожденіе и истинную природу этихъ явленій, она доказала ихъ полную почти безопасность для земныхъ обитателей. Нельзя не удивляться силѣ научнаго знанія, которое позволяетъ искусному астроному, прилежно работая за своимъ письменнымъ столомъ, вычислять пути движенія небесныхъ свѣтилъ и знать въ каждое данное мгновеніе, если не вполнѣ точно, то съ значительнымъ приближеніемъ, гдѣ находится не только каждая планета нашей солнечной системы, но и каждый рой метеоритовъ, путь котораго удалось прослѣдить, каждая комета, періодичность которой доказана. Нельзя не преклониться предъ могуществомъ математическаго способа изслѣдованія, позволяющаго астроному дѣлать удивительныя предсказанія о появленіи кометъ и звѣздныхъ дождей, причемъ эти предсказанія оправдываются всегда съ тою мѣрою точности, которую устанавливаетъ само математическое изслѣдованіе вопроса. И точность этихъ предсказаній будетъ расти по мѣрѣ

того, какъ будетъ увеличиваться число точныхъ и надежныхъ наблюденій, будетъ совершенствоваться искусство вычисленія, будутъ углубляться наши познанія въ области механики и математики,—если только, конечно, вычислители и наблюдатели будутъ относиться къ своему дѣлу такъ же ревностно и осторожно, какъ великіе изслѣдователи природы Галилей, Гюйгенсъ, Ньютонъ, Кеплеръ, а не поверхностно и наспѣхъ, какъ нерѣдко нынѣ, когда, напримѣръ, время оборота малой планеты вычисляется до минутъ и секундъ, а потомъ оказывается, что оно ошибочно на десять и больше дней, даже на мѣсяцъ. (Такъ случилось, напр., съ планетой Эгина, открытой въ 1866 г.: время ея оборота, вычисленное профессоромъ Валентинеромъ, оказалось впослѣдствіи необходимымъ увеличить почти на полный мѣсяцъ ¹⁾). Время оборота Θемиды было вычислено уже послѣ трехъ ея полныхъ оборотовъ, со времени открытія въ 1853 г., профессоромъ Крюгеромъ до дробей секунды, а оказалось впослѣдствіи десятью днями больше, чѣмъ слѣдуетъ).

¹⁾ Въ астрономическомъ ученomъ журналѣ *Astronomische Nachrichten* (Астрономическія извѣстія) въ № 1623 за 1867 г., стр. 235, Валентинеръ опредѣлилъ суточное движеніе Эгины въ 867,0876 сек. дуги, т. е. время оборота въ 1495 почти сутокъ, причемъ, судя по точности числа, даннаго для суточного движенія, это время оборота нужно было считать точнымъ до сотой доли секунды времени. Между тѣмъ, въ № 1621, стр. 204, Титъень оцѣнилъ время оборота въ 1528 слишкомъ сут., а въ № 1873 за 1872 г., стр. 9, проф. Оппольцеръ даетъ время оборота въ 1522 слишкомъ сутокъ (съ тою же степенью точности). Спрашивается, какова же цѣнность такой мнимой точности вычисленій и для чего безцѣльно вычисляется такое излишнее число цифръ? Разоблаченіемъ этихъ „маленькихъ тайнъ“ астрономической учености мы обязаны Ульриху Дюрингу (статья „*Microgeheimnisse der Natur*“ въ №№ 219, 222 и др. органа „*Personalist u. Emancipator*“).

ЗВѢЗДНОЕ НЕБО. ТЕЧЕНИЕ ЗВѢЗДЪ—
ВѢЧНЫЙ ИЗМѢРИТЕЛЬ ВРЕМЕНИ.
СТРОЕНИЕ НАШЕГО ЗВѢЗДНАГО
МІРА.

VII.

Звѣздное небо. Теченіе звѣздъ — вѣчный измѣнитель времени. Строеніе нашего звѣзднаго міра.

Наблюдая вокругъ себя каждый день, каждый часъ, каждое мгновеніе тысячи перемѣнъ, тысячи смѣняющихся явленій, мы поневолѣ должны согласиться съ мнѣніемъ великаго древне-греческаго мыслителя Гераклита, что все въ мірѣ «течетъ», все движется, все измѣняется. И кажется, будто есть только единственная неизмѣнная вещь на свѣтѣ, это — звѣздное небо, эти тысячи мерцающихъ темною ночью точекъ, которыя кажутся постоянно прикрѣпленными къ голубому небосводу и всѣ вмѣстѣ представляютъ картину, поражающую вѣчнымъ неизмѣннымъ величіемъ. Если бы великій греческій астрономъ Гиппархъ, творецъ научной астрономіи, могъ сбросить оковы смерти и теперь, двѣ тысячи лѣтъ спустя, взглянуть на звѣздное небо, то онъ не смогъ бы при помощи своихъ несовершенныхъ инструментовъ обнаружить никакихъ перемѣнъ во взаимномъ положеніи звѣздъ. Онъ нашелъ бы, что небосводъ, усѣянный звѣздами, такъ же плавно и неизмѣнно продолжаетъ свое суточное вращеніе, какъ было при немъ, и что всѣ звѣзды остались на своихъ прежнихъ мѣстахъ. Онъ увидѣлъ бы только, что «ось міра», вокругъ которой вращается небосводъ, измѣнила свое направленіе, и концы ея находятся далеко не тамъ,

гдѣ были въ его время. Но Гиппархъ еще при жизни своей зналъ, что это и должно будетъ такъ случиться: онъ самъ, вѣдь, и открылъ это перемѣщеніе концовъ «оси міра».

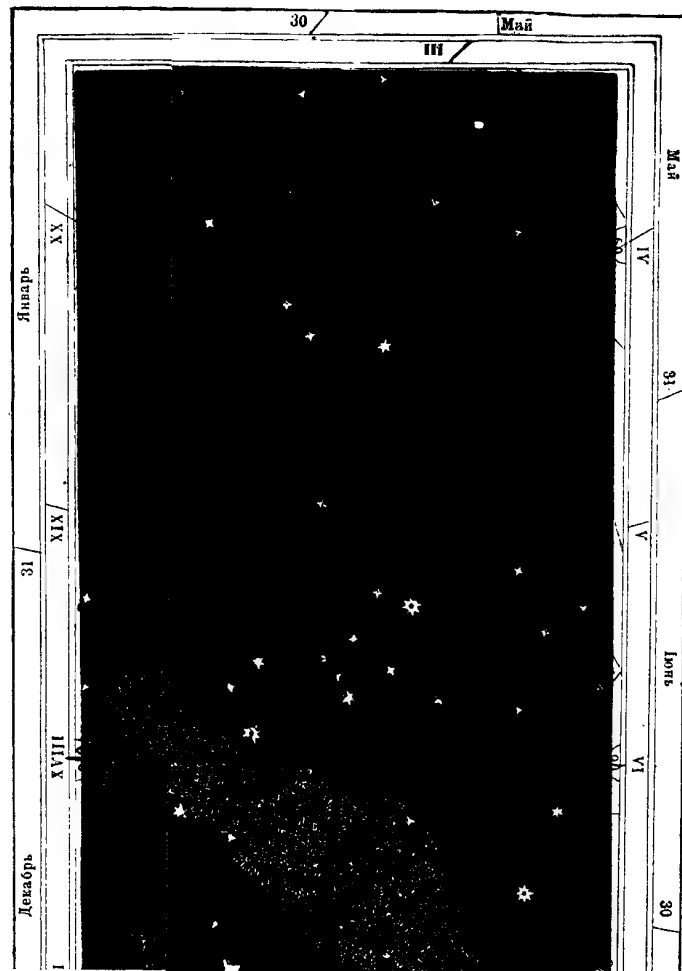
Мы увидимъ, однако, что неизмѣнность звѣзднаго неба только кажущаяся; мы увидимъ, что съ каждымъ мгновеніемъ измѣняется положеніе каждой, вѣроятно, звѣзды; мы познакомимся съ явленіями, которыя доказываютъ, что и въ звѣздномъ мірѣ происходятъ непрерывныя измѣненія, что и тамъ паритъ своеобразная жизнь, возникаютъ новые звѣздные міры, старѣются и потухаютъ прежніе. Но всѣ эти перемѣны совершаются такъ медленно, всѣ движенія, поражающія своей быстротой, происходятъ на такихъ невообразимо громадныхъ разстояніяхъ отъ насъ, что недостаточно не только двухъ тысячъ, но даже двухъ милліоновъ лѣтъ, чтобы перемѣщеніе звѣзды или измѣненіе въ ея блескѣ или цвѣтѣ стало замѣтно невооруженному глазу. И только по нѣкоторымъ явленіямъ (о нихъ будетъ сказано ниже) можно судить, что звѣздный міръ измѣняется даже на нашихъ глазахъ, хотя мы и не можемъ этого замѣтить.

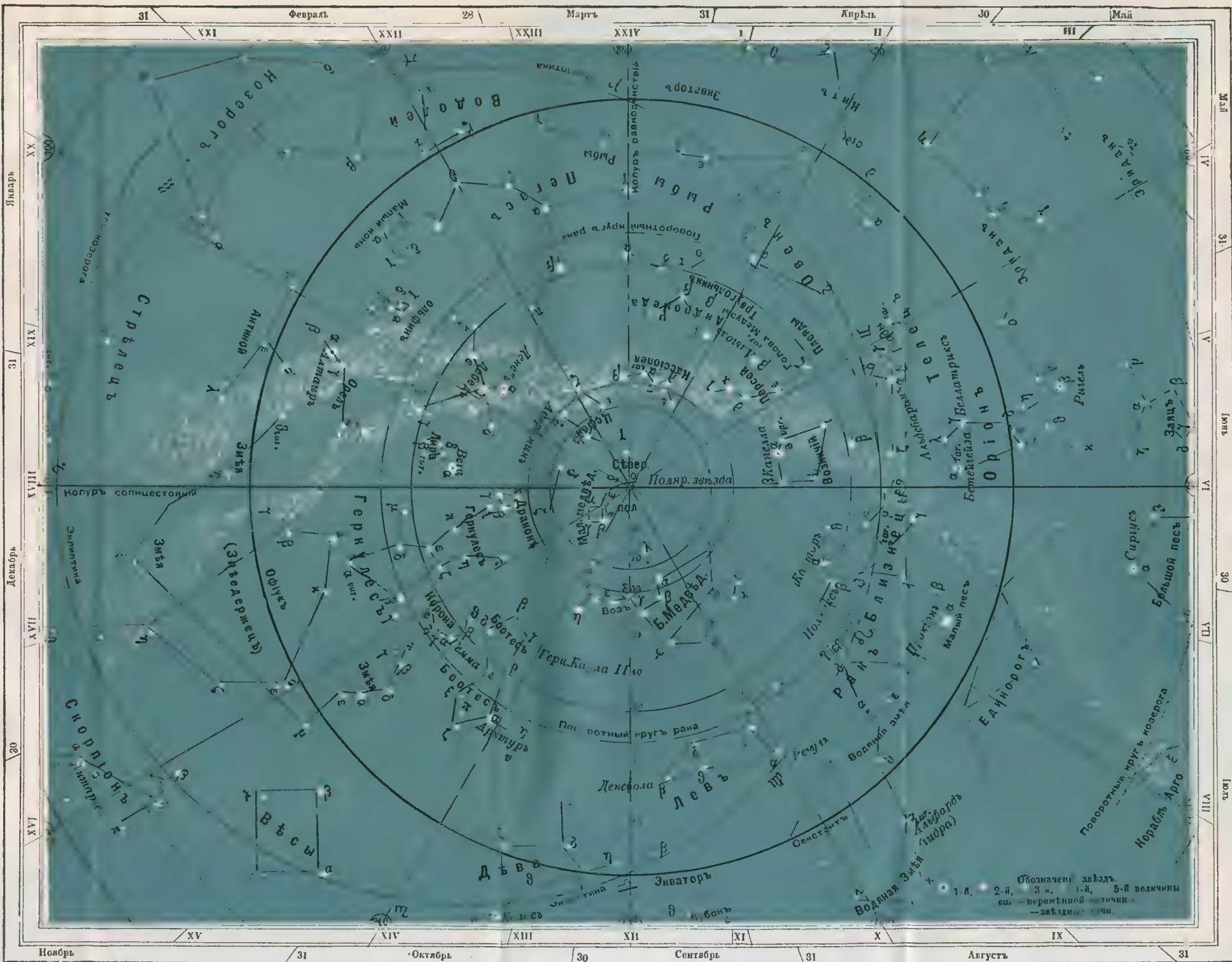
Такимъ образомъ изреченіе Гераклита справедливо и по отношенію къ міру звѣздъ. Однако, кажущаяся, какъ бы вѣчная, неизмѣнность положеній звѣздъ была весьма выгодна для развитія астрономіи. Измѣнное положеніе звѣздъ на небосводѣ дало возможность уже въ древности точно прослѣдить и изучить движеніе солнца, луны и планетъ, а это, въ свою очередь, помогло рѣшить весьма важныя практическія задачи и постепенно создать уже въ древности цѣлое ученіе о движеніи планетъ,—ученіе, правда, невѣрное въ своей основѣ, но имѣвшее большое значеніе для умственнаго развитія человѣчества (см. бесѣду V, стр. 119). По-

степенное усовершенствованіе этого ученія и приводило къ все болѣе и болѣе точному рѣшенію важныхъ практическихъ задачъ, основанному на точномъ знаніи законовъ движенія небесныхъ свѣтилъ. Такими важными практическими задачами, важными не только для всѣхъ прочихъ наукъ, но и для всѣхъ людей вообще, были, главнымъ образомъ, двѣ задачи: 1) точное измѣреніе времени и установленіе удобнаго для обыденной жизни календаря и 2) точное опредѣленіе положеній мѣстъ на поверхности земного шара; на рѣшеніи этой послѣдней задачи основаны черченіе географическихъ картъ и кораблевожденіе. Теперь мы, желая узнать, который часъ, посмотримъ на часы, а если не надѣемся на нихъ, то свѣрнемъ ихъ съ «пушкой». Но многіе ли изъ насъ знаютъ, сколько времени и усилій потрачено на то, чтобы установить точный счетъ времени, чтобы точно знать моментъ, когда именно въ данный день должна стрѣлять пушка, чтобы точно указать, въ какой день должна начинаться весна, въ какой день лѣто, осень, зима? Каждый изъ насъ хоть нѣсколько разъ въ жизни пользовался географическою картою (хотя бы по «Желѣзнодорожному путеводителю»). Но многіе ли знаютъ, какимъ образомъ чертится карта, какъ на ней нанести различныя мѣста именно тамъ, гдѣ они должны быть, и какъ трудно научиться это дѣлать. Вотъ эти то всѣмъ нужныя, но мало кому, даже приблизительно, знакомыя задачи и рѣшались въ теченіе многихъ тысячелѣтій усердными наблюдателями неба, и рѣшались онѣ именно путемъ точнаго изученія движеній небесныхъ свѣтилъ.

Рѣшеніе этихъ задачъ вовсе не было празднымъ дѣломъ и даже вовсе не дѣломъ просто любознательныхъ людей. Рѣшить ихъ было необходимо, рѣшеніе нужно было для настоятельныхъ, чисто практическихъ

цѣлей. Въ тѣ далекія времена болѣе развитые народы жили почти только скотоводствомъ и земледѣліемъ. Земледѣліе было широко распространено, и имъ, главнымъ образомъ, существовали древнія государства. А земледѣльцу непрѣнно нужно знать, когда начинаются весна, лѣто, осень и зима; онъ вынужденъ установить календарь, согласный съ теченіемъ временъ года. Можно поэтому думать, что установленіе календаря именно и привело къ первымъ важнымъ астрономическимъ открытіямъ, что оно и было «колыбелью» астрономической науки. Неудивительно также, что уже у древнихъ вавилонянъ, китайцевъ, индусовъ и другихъ народовъ были построены обсерваторіи и появились специалисты-астрономы, для того чтобы постоянно слѣдить за теченіемъ звѣздъ, по ихъ движенію вести правильный счетъ времени. Такъ же поступаютъ и теперь. На специальныя астрономическія обсерваторіи возложено дѣло точной повѣрки часовъ, измѣряющихъ время, оттуда подается и сигналъ, точно отмѣчающій наступленіе по часамъ полудня; на специалистовъ-геодезистовъ возложена задача точнаго опредѣленія положеній мѣстъ на земной поверхности и вычерчиванія географическихъ картъ. Остальные граждане пользуются только плодами этихъ трудовъ, уже давно оплачиваемыхъ государственной казной, и обыкновенно, за недосугомъ дѣловой жизни, не задаются себѣ даже и вопроса о томъ, чѣмъ полезны и для нихъ эти ученые люди, чѣмъ они занимаются— не только для «движенія науки впередъ», для болѣе глубокаго изслѣдованія природы, но и съ чисто-практическими цѣлями, для всѣхъ необходимыхъ и важныхъ. Между тѣмъ, было время, когда звѣзды наблюдались именно для рѣшенія этихъ практическихъ задачъ (да еще для нелѣпыхъ гаданій о





судьбѣ людей), и когда ровно ничего нельзя было отвѣтить на вопросъ, что такое звѣзда, когда вовсе не знали, что звѣзды—солнца, находящіяся отъ насъ на огромныхъ разстояніяхъ. И мы также начнемъ бесѣду не съ вопроса о природѣ звѣздъ, а съ вопроса объ изученіи ихъ взаимныхъ положеній и видимаго движенія—съ вопроса о томъ, какъ рѣшаютъ въ астрономіи названныя выше практическія задачи. Вѣдь нельзя не считать страннымъ, что большинство даже довольно образованныхъ людей, справляясь съ часами или географической картой, почти ничего не знаютъ о томъ, что же собственно показываютъ ихъ часы, и какъ наносятъ на карту мѣста земной поверхности. Познакомившись, хотя бы въ общихъ чертахъ, съ рѣшеніемъ этихъ вопросовъ, мы затѣмъ побесѣдуемъ о природѣ и строеніи звѣзднаго міра, раскрытыхъ астрономической наукой только въ самое послѣднее время.

Невооруженный глазъ на всемъ небѣ (въ сѣверномъ и южномъ полушаріи) можетъ различить отъ 5 до 6 тысячъ звѣздъ. Въ данный же моментъ надъ даннымъ горизонтомъ онъ различитъ не больше двухъ тысячъ звѣздъ, такъ какъ вблизи горизонта туманная атмосфера скрываетъ болѣе слабыя звѣзды. Звѣзды различаютъ прежде всего по «величинамъ» или, точнѣе, по видимымъ ихъ яркостямъ. Говорятъ о самыхъ яркихъ звѣздахъ, что онѣ—первой величины, менѣе яркія—второй, еще менѣе яркія—третьей и т. д., хотя слѣдовало бы говорить не о величинѣ, а о яркости. О величинѣ звѣздъ мы болѣею частью ничего не можемъ сказать; самая яркая звѣзда въ самый сильный телескопъ кажется такой же свѣтящейся точкой, какъ и самая слабая; и самая слабая звѣзда можетъ быть на самомъ дѣлѣ гораздо болѣе величины, чѣмъ звѣзда «первой

величины», но казаться слабой только потому, что расстояние ея отъ насъ болѣе значительно. Невооруженнымъ глазомъ установили шесть величинъ, т.-е. шесть степеней яркости. Когда былъ изобрѣтенъ телескопъ, то число этихъ степеней увеличилось до 14 и даже до 16, вмѣстѣ съ числомъ видимыхъ звѣздъ. Считаютъ 19 звѣздъ первой величины, 65 второй, 196 третьей, 490 четвертой, 1330 пятой, 4900 шестой. Но уже звѣздъ 14-й величины оказывается до $58\frac{1}{2}$ миллионѡвъ, а число всѣхъ звѣздъ, видимыхъ въ телескопъ, нужно считать въ сотню миллионѡвъ. И все-таки громаднаго числа звѣздъ (напримѣръ, въ Млечномъ пути) не различаютъ и самые сильные телескопы. Измѣреніе силы свѣта звѣздъ показало, что звѣзда данной величины въ $2\frac{1}{2}$ раза ярче звѣзды слѣдующей низшей величины.

Чтобы разобраться въ взаимномъ положеніи тысячъ звѣздъ, ихъ уже въ глубокой древности соединили въ группы, въ отдѣльныя созвѣздія; этимъ созвѣздіямъ дали различныя имена, большею частью по неизвѣстнымъ уже теперь причинамъ. Древними именами пользуются и до сихъ поръ. Чтобы сколько-нибудь понять, какъ еще въ древности были рѣшены важнѣйшія практическія задачи астрономіи, необходимо, хотя бы бѣгло, познакомиться со звѣздною картой и по ней научиться различать и разыскивать созвѣздія. Карта звѣзднаго неба сѣвернаго полушарія приложена къ этимъ страницамъ.

Научиться отыскивать созвѣздія проще всего по созвѣздію Большой Медвѣдицы, которое знакомо почти каждому. Оно состоитъ изъ семи крупныхъ звѣздъ (второй величины, за исключеніемъ одной) и видомъ своимъ напоминаетъ ковшъ, для котораго четыре звѣзды четырехугольника служатъ черпакомъ, а три остальные—ручкой. На картѣ созвѣздіе располо-

жено такъ, какъ оно видно въ полночь около 10 сентября. Главныя звѣзды Большой Медвѣдицы обозначены на картѣ греческими буквами: альфа (α), бета (β), гамма (γ), дельта (δ), эпсилонъ (ϵ), дзета (ζ) и эта (η). По этимъ семи звѣздамъ Большой Медвѣдицы и можно отыскать рядъ другихъ созвѣздій. Проведемъ прямую линію (на небосводѣ это будетъ, конечно, дуга большого круга) отъ звѣзды β къ α и продолжимъ ее на пятерное такое же расстояние, какъ отъ β до α . Мы подойдемъ близко къ весьма важной для насъ Полярной звѣздѣ. Это звѣзда второй величины, самая яркая (α) въ созвѣздіи Малой Медвѣдицы. Созвѣздіе это похоже на Большую Медвѣдицу, но расположено обратно и содержитъ только двѣ звѣзды второй величины, одну—третьей, остальные ниже третьей. Полярная звѣзда важна тѣмъ, что возлѣ нея находится сѣверный полюсъ міра—точка, вокругъ которой видимо вращается весь небесный сводъ. Прослѣдимъ за звѣздами Большой Медвѣдицы нѣкоторое время, часа два-три. Мы увидимъ, что звѣзды ея описываютъ дуги круговъ, у которыхъ центръ одинъ и тотъ же (см. рис. 105, стр. 247). Слѣдя за другими звѣздами, мы увидимъ, что и онѣ описываютъ подобные же круги. Чѣмъ ближе мы подходимъ къ Полярной звѣздѣ, тѣмъ круги становятся меньше, тѣмъ движеніе по нимъ медленнѣе. Наконецъ, мы ясно убѣждаемся, что существуетъ вблизи Полярной точка, которая въ теченіе всѣхъ сутокъ остается неподвижной и служитъ общимъ центромъ для всѣхъ движеній. Эта точка и есть сѣверный полюсъ міра. Полярная такъ близка къ полюсу и движется такъ медленно, что кажется почти неподвижной и можетъ служить для приблизительнаго обозначенія сѣвернаго полюса міра. Индѣйцы Сѣверной Америки хорошо

знаютъ Полярную звѣзду. Она служитъ имъ во время охотничьихъ путешествій для отысканія дороги: прямо подъ нею почти, на горизонтѣ, находится точка сѣвера. Пойдемъ теперь дальше. Линія, идущая отъ ζ (средней въ ручкѣ ковша или въ хвостѣ Большой Медвѣдицы) къ Полярной, попадаетъ въ середину прекраснаго созвѣздія Кассіопеи (см. также рис. 105), состоящаго изъ 5 главныхъ звѣздъ второй величины, расположенныхъ въ видѣ буквы *w*. Линія, проходящая отъ Полярной черезъ крайнюю слѣва звѣзду Кассіопеи (β) встрѣчаетъ двѣ звѣзды созвѣздія Пегаса (γ и δ), которыя образуютъ два угла широкаго четырехугольника (почти квадрата). Эти четыре звѣзды второй величины и составляютъ созвѣздіе, причемъ двѣ изъ нихъ (α и β) лежатъ почти на линіи $\beta\alpha$ Большой Медвѣдицы (такъ же, какъ и Полярная). Линія, идущая отъ полюса міра черезъ δ и γ Пегаса, очень важна: она какъ бы начинается весною смѣну временъ года. Когда солнце въ своемъ видимомъ годовомъ движеніи около 8 марта пересѣкаетъ эту линію, наступаетъ весеннее равноденствіе. Линія эта называется колюромъ равноденствій. Линія отъ Полярной къ правой крайней звѣздѣ Кассіопеи (ϵ) почти встрѣчаетъ звѣзду γ въ созвѣздіи Андромеды. Къ этому созвѣздію принадлежитъ одна изъ звѣздъ четырехугольника Пегаса (δ) и обозначается въ Андромедѣ уже буквой α и еще одна звѣзда между названными α и γ . Всѣ три звѣзды лежатъ почти на одной прямой линіи. Дальше на продолженіи той же линіи отъ Полярной къ ϵ Кассіопеи лежитъ золотисто-желтая звѣзда второй величины, α изъ созвѣздія **Овна**, къ которому относятся еще двѣ менѣе яркія звѣздочки (3-ей величины). Еще дальше та же линія встрѣчаетъ созвѣздіе Кита. Линія отъ γ къ α Большой Медвѣдицы, встрѣчаетъ главную звѣзду

(α) въ созвѣздіи Персея (второй величины); здѣсь можно видѣть рядомъ еще три звѣзды третьей величины, лежащія почти на линіи звѣздъ β и α Кассіопеи, и въ сторонѣ отъ нихъ блѣдую звѣзду (β) второй величины или Альголь; Альголь находится почти на линіи, соединяющей Полярную и α Персея. Альголь, Андромеда и четырехугольникъ Пегаса составляютъ 7 звѣздъ второй величины, которыя расположеніемъ напоминаютъ Большую Медвѣдицу. Между Андромедой, Овномъ и Пегасомъ тянется рядъ мелкихъ звѣздочекъ изъ созвѣздія **Рыбъ**. Линія этихъ звѣздочекъ затѣмъ поворачиваетъ подъ острымъ угломъ (и пересѣкаетъ колюръ равноденствій), такъ что вмѣстѣ оба ряда звѣздочекъ образуютъ широко разставленную римскую цифру V. Линія отъ Полярной къ крайнимъ справа (восточнымъ) звѣздамъ Персея встрѣчаетъ извѣстную, вѣроятно, большинству читателей группу маленькихъ звѣздочекъ, называемую у астрономовъ Плеядами, а въ просторѣчій Утинымъ гнѣздомъ или Стожарами. Эта красивая группа, въ которой можно различить невооруженнымъ глазомъ отъ 6 до 8 звѣздъ, принадлежитъ къ созвѣздію **Тельца**. Главная звѣзда (α) Тельца Альдебаранъ (первой величины, красноватаго цвѣта) лежитъ почти на линіи отъ δ къ α Большой Медвѣдицы. Линія отъ δ къ β Большой Медвѣдицы почти встрѣчаетъ главную звѣзду (β) или Поллуксъ первой величины (желтаго цвѣта) въ созвѣздіи Близнецовъ. Къ этому же созвѣздію относится другая звѣзда (α) также желтая, почти первой величины—Касторъ. Между Близнецами и Персеемъ находится созвѣздіе Возничаго; самую яркую, прекрасную желтоватую звѣзду этого созвѣздія (α) или Капеллу (Козочку) можно найти такъ: линію $\beta\alpha$ Большой Медвѣдицы у Полярной перегнуть почти подъ

прямымъ угломъ (вправо); на полученной линіи, пѣсколько дальше отъ Полярной, чѣмъ β Большой Медвѣдицы, и находится Капелла. Идя черезъ созвѣздіе Возничаго отъ Полярной, встрѣчаемъ самое красивое созвѣздіе нашего неба **Оріонъ**; почти на линіи Полярная—Капелла лежитъ голубовато-бѣлая звѣзда первой величины Ригель или β Оріона; ближе къ Возничему другая звѣзда первой величины (α) Бетельгейзе (краснаго цвѣта), которая вмѣстѣ съ Альдебараномъ, Капеллой и Поллуксомъ составляетъ почти прямоугольный четырехугольникъ; между Ригелемъ и Бетельгейзе видны хорошо три звѣздочки третьей величины, называемыя поясомъ Оріона (или посохомъ Іакова, или еще Тремя Волхвами). На линіи трехъ этихъ звѣздочекъ, къ востоку и всегда близко къ горизонту у насъ лежитъ самая яркая звѣзда всего неба **Сириусъ** (гораздо ярче первой величины) или α въ созвѣздіи Большаго Пса (бѣлая звѣзда). По времени восхода этой звѣзды древніе египтяне ожидали разлитія рѣки Нила, отъ котораго зависѣло плодородіе ихъ страны. Линія отъ Полярной черезъ середину между Касторомъ и Поллуксомъ встрѣчаетъ α въ созвѣздіи Малаго Пса или **Проціонъ**, бѣлую звѣзду первой величины. Если провести линію отъ δ къ γ Большой Медвѣдицы, то она встрѣтитъ созвѣздіе **Льва** съ красноватой звѣздой почти первой величины (α) по имени Регулъ; созвѣздіе состоитъ, кромѣ Регула, еще изъ 4 довольно яркихъ звѣздъ, образующихъ вмѣстѣ трапецію, т.-е. четырехугольникъ съ двумя параллельными боками; въ выбранный нами часъ и день это созвѣздіе у насъ не видно: оно подъ горизонтомъ. Между Львомъ и Близнецами можно видѣть небольшое созвѣздіе **Рака**, не содержащее яркихъ звѣздъ и похожее по виду на вилы. На линіи $\alpha\gamma$ Большой Медвѣдицы встрѣчаемъ

созвѣздіе **Дѣвы**, находящееся противъ Рыбъ, вблизи колюра равноденствій. Солнце вступаетъ въ это созвѣздіе въ сентябрѣ во время осенняго равноденствія; поэтому въ полночь въ сентябрѣ оно вмѣстѣ съ солнцемъ находится подъ горизонтомъ; самая яркая звѣзда (α) этого созвѣздія—**Сника** или **Колосъ** (бѣлая), почти первой величины. Линія отъ β къ γ Большой Медвѣдицы проходитъ чрезъ созвѣздіе **Волоса** (**Пастуха**) или **Боотеса**; самая яркая звѣзда (α) этого созвѣздія **Арктуръ** первой величины, темно-желтаго цвѣта, лежитъ почти на линіи $\beta\gamma$, а также почти на линіи $\alpha\delta$. По другую сторону Арктура почти на томъ же разстояніи, какъ и Большая Медвѣдица, противъ Овна, лежитъ мало замѣтное созвѣздіе **Вѣсовъ**. Проведя линію отъ γ чрезъ середину между δ и ϵ Большой Медвѣдицы, встрѣтимъ два созвѣздія: голову **Дракона**, четыре звѣзды которой лежатъ отъ Полярной почти на такомъ же разстояніи, какъ и звѣзды хвоста Большой Медвѣдицы, а затѣмъ созвѣздіе **Лиры** съ прекрасною яркою, голубовато-бѣлою звѣздой (α) первой величины **Вега**; кольца Дракона извиваются между Малой и Большой Медвѣдицами. Между Боотсомъ и Лирой лежитъ красивое созвѣздіе **Сѣвернаго Вѣнца**, звѣздочки котораго расположены почти въ кругъ, и созвѣздіе **Геркулеса**, въ которомъ хорошо видны четыре звѣзды, образующія косоугольный четырехугольникъ. Идя отъ Полярной черезъ созвѣздіе Геркулеса, пройдемъ немного вверхъ отъ созвѣздія **Скорпіона** съ огненно-красною звѣздой (α) первой величины **Антаресъ** (сердце Скорпіона); это созвѣздіе находится противъ Тельца; его можно найти также, идя отъ звѣзды α черезъ звѣзды хвоста Большой Медвѣдицы. Между Геркулесомъ и Скорпіономъ находится широкое созвѣздіе **Змѣе-**

посца, причемъ Змѣя, которую несетъ Змѣепосецъ, тянется отъ созвѣздія Сѣвернаго Вѣнца къ вѣтви Млечнаго пути и загибается между обѣими его вѣтвями къ созвѣздію Орла. Последнее созвѣздіе лежитъ по другую сторону отъ Веги, чѣмъ звѣзды хвоста Большой Медвѣдицы, почти на томъ же разстояніи; главная звѣзда его (α) Альтаиръ — бѣлая, первой величины; она лежитъ посрединѣ между двумя звѣздочками третьей величины. Почти на линіи между звѣздами Кассіопеи и Орломъ лежитъ созвѣздіе Лебедя изъ 5 звѣздъ, составляющихъ широкій крестъ; самая яркая звѣзда (α) Денебъ, второй величины, находится въ хвостѣ птицы (почти на указанной линіи), средняя звѣзда на тѣлѣ, звѣзда по другую ея сторону, чѣмъ Денебъ, — въ клювъ; двѣ прочія звѣзды изображаютъ распростертыя крылья Лебеда. Идя отъ Кассіопеи черезъ звѣзды Лебеда мимо Орла, встрѣтимъ созвѣздіе Стрѣльца, въ которомъ нетрудно замѣтить 4 звѣзды, образующія лукъ Стрѣльца; Стрѣлецъ лежитъ по другую сторону Млечнаго пути, нежели Скорпіонъ, противъ Близнецовъ. Между Кассіопеей и Малой Медвѣдицей находится мало замѣтное созвѣздіе Цефея. Идя отъ звѣздъ Цефея черезъ главную звѣзду (α) Лебеда, найдемъ созвѣздіе Дельфина изъ пяти неяркихъ звѣздъ, а дальше тоже мало замѣтное созвѣздіе Козерога, лежащее противъ Рака. Между Козерогомъ и Пегасомъ лежитъ неяркое созвѣздіе Водолея (напротивъ Льва). Черезъ созвѣздія Оріона, Близнецовъ, Возничаго, Персея, Кассіопеи, Цефея, Лебеда, затѣмъ двумя вѣтвями черезъ созвѣздія Орла, Змѣи, Стрѣльца и Скорпіона тянется блѣдно-мерцающая полоса Млечнаго пути, то расширяясь, то суживаясь и образуя на краяхъ прихотливыя изогнутыя линіи.

Въ теченіе сутокъ звѣзды вращаются, какъ и солнце, вокругъ нѣкоторой оси. Если мы станемъ лицомъ къ Полярной звѣздѣ, то скоро замѣтимъ это вращеніе и неподвижную точку — сѣверный полюсъ міра, вокругъ котораго совершается вращеніе. Направленіе вращенія идетъ отъ востока къ западу и обо-

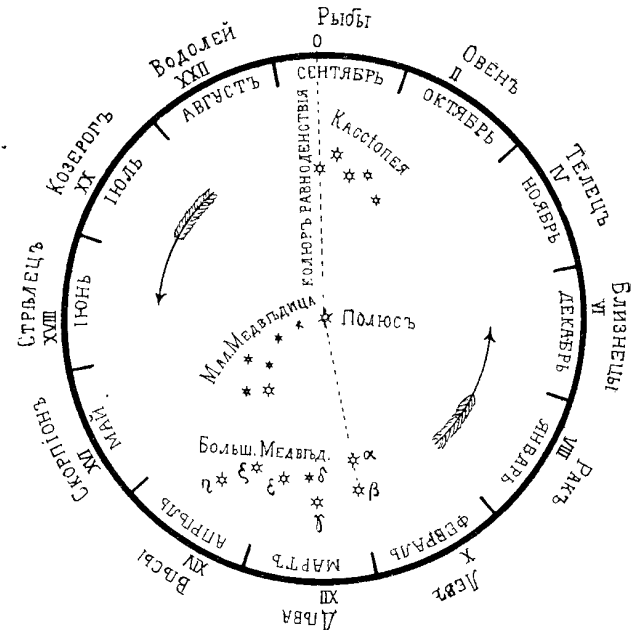


Рис. 105. Суточное движеніе неба и полюсъ міра.

значено на рис. 105 стрѣлками. Мы знаемъ, что это вращеніе кажущееся и происходитъ отъ вращенія земли вокругъ своей оси, которое совершается въ обратномъ направленіи, отъ запада къ востоку (см. бесѣду I, стр. 40 и д.). Вращеніе земли и кажущееся вращеніе звѣздъ совершается замѣчательно равномерно. Если выбрать опредѣленное мѣсто, стать лицомъ къ

полюсу и повѣсить передъ собою отвѣсную нить такъ, чтобы она закрывала отъ глаза полюсъ, то окажется, что какая-нибудь звѣзда, напримѣръ, α Большой Медвѣдицы, будетъ пересѣкать эту нить черезъ совершенно равныя промежутки времени. Такой промежутокъ времени составляетъ (съ весьма небольшою разницей) то, что астрономы называютъ звѣздными сутками. Звѣздныя сутки дѣлятся на 24 часа, часъ—на 60 минутъ, минута — на 60 секундъ. Звѣздныя сутки представляютъ столь постоянную величину, что со временъ Гиппарха, за 2000 лѣтъ, онѣ, навѣрное, не измѣнились даже на одну сотую долю секунды. Еслибъ онѣ измѣнились хотя бы на такую ничтожную величину, астрономы непремѣнно замѣтили бы это: сравнивая дни затмений луны и солнца, записанные Гиппархомъ и Птолемеемъ, съ тѣми днями, которые астрономы вычислили для этихъ затмений по нынѣшнимъ точнымъ способамъ предсказанія затмений (см. бесѣду III, стр. 26), астрономы нашли бы разногласіе въ дняхъ, если бы длина сутокъ съ тѣхъ поръ измѣнилась. Такого разногласія замѣчено не было. Вотъ почему равномерное вращеніе звѣздъ служитъ для астрономовъ какъ бы вѣчнымъ измѣрителемъ времени, а звѣзды какъ бы стрѣлками вѣчно идущихъ и никогда не измѣняющихъ своего ровнаго хода звѣздныхъ часовъ. Съ этими неизмѣнными звѣздными часами астрономы и свѣряютъ всегда то теченіе времени, которымъ пользуются на практикѣ. Такимъ образомъ звѣздныя сутки служатъ основной, главной единицей времени. Въ каждой астрономической обсерваторіи устанавливаются часы, идущіе по звѣздному времени, т.-е. такіе, у которыхъ часовая стрѣлка совершаетъ полный оборотъ въ 24 звѣздныхъ часа. При этомъ астрономы

считаютъ не по 12 часовъ дважды, а полныя 24 часа. Чтобы понять, съ какого момента начинаютъ считать звѣздныя сутки, что должны показывать звѣздные часы въ данный моментъ, какъ повѣрять эти часы и почему ими не пользуются въ обыденной жизни, пужно сначала ближе познакомиться съ характеромъ суточного кажущагося движенія звѣздъ и солнца. Рассмотримъ рисунокъ 106.

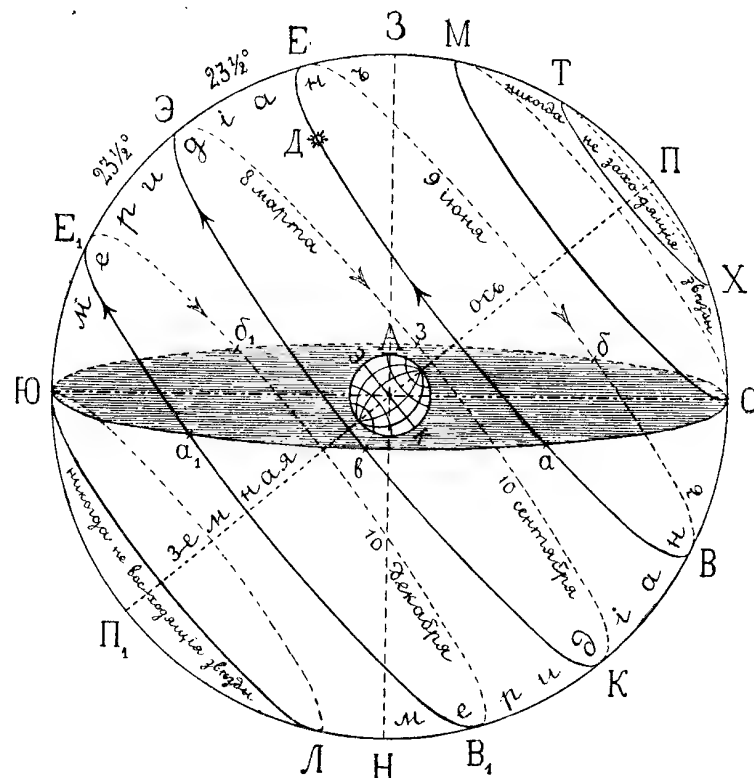


Рис. 106. Суточное вращеніе небесной сферы и суточное движеніе солнца за годъ.

Наблюдатель A на поверхности земного шара слѣдитъ въ открытомъ мѣстѣ за суточнымъ движеніемъ солнца и звѣздъ, которое происходитъ вслѣдствіе вращенія земного шара вокругъ оси $ПП_1$, называемой осью міра. Земной шаръ, для простоты разсужденій, окруженъ на рисункѣ вспомогательной сферой или шаровой поверхностью, на которой кажутся наблюдателю какъ бы прикрѣпленными солнце и звѣзды. Предположимъ, что центръ сферы находится въ центрѣ земного шара, и что тамъ именно и помѣщенъ глазъ наблюдателя. При наблюденіяхъ звѣздъ такое положеніе наблюдателя не повліяетъ на взаимныя положенія звѣздъ, на времена ихъ заката и восхода по причинѣ громадныхъ разстояній звѣздъ въ сравненіи съ размѣрами земли; при наблюденіяхъ же солнца разница вышла бы едва ощутительной. Пусть въ точкѣ наблюденія A проведенъ отвѣсъ, т.-е. линія, проходящая черезъ центръ земного шара. Эта отвѣсная линія встрѣтитъ сферу въ двухъ точкахъ Z и H , наивысшей и наинизшей, которыя называются зенитомъ и надиромъ. Плоскость $ЮС$, идущая черезъ центръ подъ прямымъ угломъ (перпендикулярно) къ отвѣсной линіи, есть истинный горизонтъ; онъ проведенъ черезъ центръ сферы. Если въ центрѣ сферы вообразить глазъ наблюдателя, то надъ горизонтомъ $ЮС$ будетъ видимая часть сферы, а подъ нимъ — невидимая часть. Вообразимъ плоскость, проходящую черезъ ось міра $ПП_1$ и черезъ отвѣсную линію ZH . Эта плоскость пересѣчетъ сферу по большому кругу $ПЗЦ_1H$ или по меридіану. Меридіанъ пересѣчетъ окружность горизонта $ЮС$ въ двухъ точкахъ C и $Ю$, въ точкѣ сѣвера и точкѣ юга. Точка сѣвера будетъ именно въ той сторонѣ, гдѣ виденъ сѣверный полюсъ міра $П$ (вблизи его Полярная звѣзда). Прямая,

соединяющая точки C и $Ю$, есть полуденная линія наблюдателя. Солнце въ полдень пересѣкаетъ южную часть меридіана; если тогда въ центрѣ сферы поставить отвѣсный шестъ, то тѣнь шеста ляжетъ къ сѣверу именно вдоль полуденной линіи. Ставъ лицомъ къ сѣверу, мы направо отъ полуденной линіи будемъ имѣть востокъ, налево — западъ. Какая-нибудь звѣзда D , видимая на сферѣ или, лучше сказать, сквозь сферу, въ теченіе звѣздныхъ сутокъ опишетъ кругъ $ЕВ$ подъ прямымъ угломъ къ оси міра $ПП_1$. Она взойдетъ на востокъ въ точкѣ a , закатится на западъ въ точкѣ b . Проходя черезъ меридіанъ въ точкѣ E , звѣзда достигнетъ наибольшей высоты надъ горизонтомъ; высота эта будетъ измѣряться дугою меридіана $ЮЕ$. Прохождение звѣзды черезъ меридіанъ называютъ кульминаціей. Кульминацій различаютъ двѣ: верхнюю E и нижнюю B . Звѣзды, лежащія дальше круга $МС$ къ сѣверному полюсу $П$, будутъ видны въ обѣихъ кульминаціяхъ и никогда не скрываются подъ горизонтъ (кругъ нижней точкой касается горизонта). Наоборотъ, звѣзды, лежащія за кругомъ $ЮЛ$ (верхней точкой касается горизонта), ближе къ южному полюсу $П_1$, совсѣмъ не показываются надъ горизонтомъ мѣста A . Звѣзды, движущіяся между кругами $МС$ и $ЮЛ$, видны только въ одной верхней кульминаціи, имѣютъ точки восхода и заката (какъ a и b).

Чтобы слѣдить правильно и постоянно за теченіемъ звѣздъ, необходимо имѣть часы, т.-е. кругъ съ цифрами или циферблатъ съ равномерно движущимися стрѣлками и астрономическую трубу (телескопъ), которая движется въ плоскости меридіана. Часы могутъ показывать какое угодно время, это безразлично, важно только, чтобы они шли равно-

мѣрно, т.-е., чтобы съ каждымъ часомъ, минутой, секундой ихъ стрѣлка передвигалась всегда на одинаковый уголъ; нужно, чтобы часовыя стрѣлки точно копировали равномерное вращеніе звѣздъ. Но какъ найти на небѣ линію меридіана или, лучше сказать, какъ опредѣлить въ пространствѣ положеніе плоскости меридіана?

Для этого лучше всего воспользоваться универсальнымъ инструментомъ—приборомъ, который описанъ въ бесѣдѣ III, на стр. 7. Его главныя части составляютъ два круга, раздѣленные на градусы: вертикальный кругъ *В* и горизонтальный *Г* (рис. 107). Вертикальный кругъ можетъ вращаться вокругъ отвѣсной оси *ОМ*, нижній конецъ которой укрѣпленъ въ центрѣ *М* горизонтальнаго круга. вмѣстѣ съ вертикальнымъ кругомъ по горизонтальному кругу движется указательная линейка *АА*. По кругу *В* движется зрительная труба *ТТ* вокругъ его центра *О*. Эту трубу и направляютъ на звѣзду. Тремя винтами горизонтальный кругъ *Г* можно установить такъ, что ось *ОМ* станетъ вертикально, по отвѣсу. Тогда нулевое дѣленіе круга *В* должно оказаться на отвѣсной линіи, указывать въ зенитъ, а самый кругъ дастъ возможность отсчитать зенитное разстояніе звѣзды, т.-е. уголъ между отвѣсной линіей *ОМ* и направлениемъ трубы на звѣзду *ТТ*. Напримѣръ, на рисунокъ 107 (слѣва) зенитное разстояніе, указываемое трубой, около 50 градусовъ, линейка же *АА* указываетъ около 200 градусовъ. Теперь посмотримъ, какъ такимъ приборомъ можно опредѣлить полуденную линію и меридіанъ (см. рис. 107, справа).

Всякая звѣзда, двигаясь равномерно, достигаетъ наибольшей высоты въ меридіанѣ, и потому, если звѣзда бываетъ на пѣкоторой высотѣ надъ горизонтомъ

до прохожденія черезъ меридіанъ (на востокѣ), то она черезъ пѣкоторое время будетъ точно на такой же высотѣ послѣ прохожденія черезъ меридіанъ (на западѣ). Вотъ изъ такого соображенія и можно найти способъ опредѣлять меридіанъ и полуденную линію. На рисунокѣ изображенъ горизонтъ и половина сферы, видная наблюдателю, котораго глазъ въ центрѣ сферы. Универсальный инструментъ установленъ такъ, что его отвѣсная ось направлена въ зенитъ наблюдателя (въ точку *З*). Пусть наблюдатель слѣдитъ за движениемъ α Большой Медвѣдицы. Сначала онъ видитъ ее

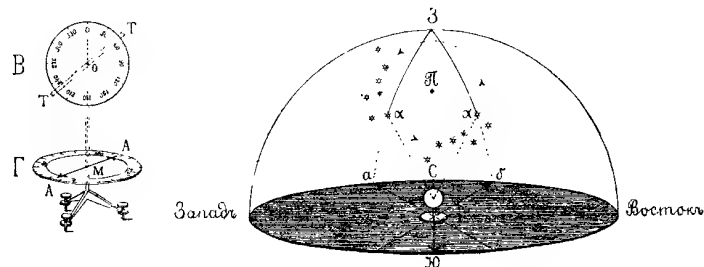


Рис. 107. Опредѣленіе меридіана и полуденной линіи.

въ восточной части сферы и находитъ ея зенитное разстояніе, положимъ, равнымъ 40 градусамъ (на рисунокѣ это будетъ дуга сферы *За*, справа). Черезъ нѣсколько часовъ онъ снова увидитъ звѣзду уже въ западной части сферы и сможетъ уловить моментъ, когда ея зенитное разстояніе снова будетъ равно 40 градусамъ (дуга *За*, слѣва). Высоты звѣзды въ оба раза будутъ, очевидно, также одинаковы (это будутъ дуги *аа* и *аб*). Въ оба раза наблюдатель отмѣчаетъ то дѣленіе, на которомъ остановилась указательная линейка *АА* горизонтальнаго круга. Пусть въ первый разъ отсчетъ получился 230 градусовъ, а во второй разъ—150 градусовъ. Спрашивается, какъ должна идти по-

луденная линія? На какомъ дѣленіи остановится указательная линейка, если ее направить по полуденной линіи? Очевидно, полуденная линія должна пройти посрединѣ между обоими положеніями указательной линейки, и отсчетъ для нея выйдетъ средній между 150 и 230 градусами, т.-е. 190 градусовъ (надо сложить 150 и 230 и сумму раздѣлить пополамъ). На этомъ дѣленіи горизонтальнаго круга придется точка сѣвера *С*, а точка юга *Ю* придется на дѣленіи 10 градусовъ (на 180 градусовъ меньше). Теперь полуденная линія найдена. Ее отмѣчаютъ двумя мѣтками, сѣверной и южной, на какихъ-либо предметахъ (чертами, вѣхами или фонарями). Меридіанъ же пройдетъ черезъ полуденную и отвѣсную линіи, и легко установить теперь вертикальный кругъ *В* въ плоскости меридіана.

Полуденную линію можно опредѣлить приближенно путемъ подобныхъ же наблюденій солнца при помощи очень простаго прибора. Листъ бумаги кладется на горизонтальную хорошо вывѣренную плоскость, и на немъ укрѣпляется загнутый угломъ стержень *М* (рис. 108) съ небольшимъ кольцомъ на концѣ для прохождения солнечныхъ лучей. Сквозь кольцо сначала пропускается нить съ отвѣсомъ и отмѣчается точка *Ц*, гдѣ на бумагѣ придется конецъ отвѣса. Вокругъ точки *Ц* описываютъ рядъ концентрическихъ круговъ (съ общимъ центромъ *Ц*). Затѣмъ наблюдаютъ нѣсколько часовъ за изображеніемъ отверстія кольца на бумагѣ. Оно (вслѣдъ за движеніемъ солнечнаго луча) будетъ передвигаться по бумагѣ и опишетъ кривую линію *АВ*, пересѣкая постепенно каждый кругъ, сначала въ одной точкѣ на западъ отъ полуденной линіи, а потомъ въ другой точкѣ на востокъ отъ полуденной линіи. Получится рядъ точекъ *А*, *В*, *А*₁, *В*₁, *А*₂, *В*₂ и т. д. Раздѣлимъ каждую дугу *АВ*, *А*₁*В*₁, *А*₂*В*₂ и т. д. попо-

ламъ и средину соединимъ съ центромъ *Ц*. Полученная линія и будетъ полуденная линія. Вслѣдствіе неточности нашего чертежа различныя линіи не совпадутъ; тогда нужно взять нѣкоторую среднюю между ними линію *СЮ*. Этотъ способъ далеко не точенъ, если бы даже точки, отмѣченныя нами на бумагѣ, были вполнѣ точны. Кольцо нужно ставить такъ,

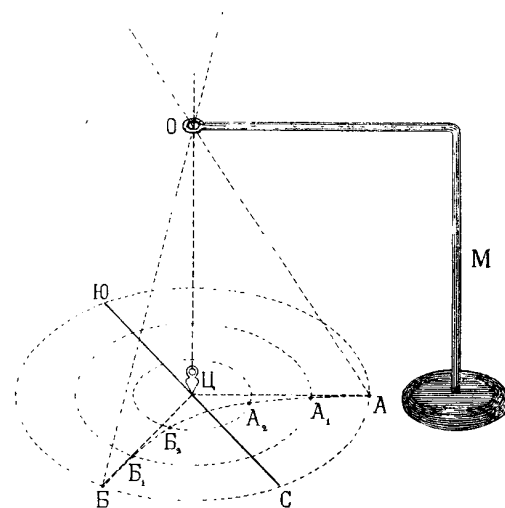


Рис. 108. Опредѣленіе полуденной линіи по солнцу.

чтобы въ полдень лучи солнца падали на него приблизительно отвѣсно.

Установимъ теперь какой-нибудь астрономическій приборъ, напимѣръ, тотъ же универсальный инструментъ такъ, чтобы его труба все время двигалась въ плоскости меридіана, и станемъ слѣдить изо дня въ день за кульминаціями звѣздъ. Мы замѣтимъ слѣдующее. Какую бы мы звѣзду ни выбрали, высота ея въ меридіанѣ, во время кульминаціи, всегда будетъ одна

и та же (напримѣръ, для звѣзды D на рис. 106 это будетъ всегда дуга $ЮЕ$). Для солнца же выйдетъ со-всѣмъ иное. Если наблюдать его, напримѣръ, 8 марта въ Петербургѣ, то въ полдень высота центра солнца на меридіанѣ будетъ около 30 градусовъ (а зенитное разстояніе—60 градусовъ, т.-е. 90 безъ 30). Если продолжать наблюденія ежедневно, то окажется, что полуденная высота солнца все увеличивается; 9 іюня она достигаетъ наибольшей величины, около $53\frac{1}{2}$ градусовъ; далѣе она уменьшается и 10 сентября дѣлается равной 30 градусамъ. Послѣ того она продолжаетъ уменьшаться и 10 декабря достигаетъ наименьшей величины въ $6\frac{1}{2}$ градусовъ, а затѣмъ снова увеличивается и 8 марта вновь возвращается къ прежней величинѣ (30 градусовъ). Будемъ въ то же время слѣдить ежедневно за точками восхода и заката солнца и звѣздъ. Мы увидимъ, что какая-нибудь звѣзда D (рис. 106) изо дня въ день восходитъ и заходитъ въ однѣхъ и тѣхъ же точкахъ горизонта a и b и описываетъ всегда одинъ и тотъ же кругъ aEb . Солнце же все время мѣняетъ точки восхода и заката. 8 марта солнце восходитъ какъ разъ въ точкѣ востока e , а заходитъ въ точкѣ запада $з$, на разстояніи 90 градусовъ отъ точки $Ю$ (или $С$). Въ это время оно описываетъ по небесной сферѣ большой кругъ $ЭК$, дѣлящій сферу пополамъ и проходящій на равномъ разстояніи отъ полюсовъ $П$ и $П_1$. Это небесный экваторъ; онъ есть не что иное, какъ пересѣченіе сферы съ продолженною плоскостью земного экватора $эк$. Послѣ 8 марта точки восхода и заката солнца приближаются къ точкѣ $С$, и 9 іюня солнце будетъ восходить и заходить наиболѣе близко къ точкѣ сѣвера, напримѣръ, въ a и b . За сутки 9 іюня солнце опишетъ по сферѣ уже малый кругъ $ЕВ$. Послѣ 9 іюня точки восхода и заката солнца стануть

удаляться отъ точки $С$, и 10 сентября солнце опять будетъ восходить въ точкѣ e , заходить въ точкѣ $з$, а въ теченіе сутокъ опять опишетъ экваторъ $ЭК$. Далѣе точки восхода и заката солнца передвинутся ближе къ точкѣ $Ю$ и 10 декабря бываютъ наиболѣе близки къ точкѣ юга (a_1 и b_1). Тогда суточное движеніе солнца совершается по малому кругу E_1B_1 . Ровно черезъ годъ, 8 марта, солнце снова возвращается на экваторъ $ЭК$. Отсюда видно, что солнце, кромѣ суточного, имѣетъ еще какое-то годовое движеніе, которое заставляетъ его описывать различные суточные круги и удаляться отъ экватора то на $23\frac{1}{2}$ градуса къ сѣверу, то на $23\frac{1}{2}$ градуса къ югу.

Положеніе на сферѣ важной для нашихъ разсужденій плоскости экватора мы можемъ опредѣлить точно, зная положеніе полюса міра, который отстоитъ отъ каждой точки экватора на дугу въ 90 градусовъ. А положеніе полюса легче всего опредѣлить такъ. Выберемъ незаходящую у насъ звѣзду, напримѣръ, α Большой Медвѣдицы, и опредѣлимъ ея зенитныя разстоянія при верхнемъ и нижнемъ прохожденіи чрезъ меридіанъ. Пусть на рис. 106 это будутъ точки T и X . Зенитныя разстоянія этихъ точекъ будутъ дуги $ЗТ$ и $ЗХ$; для α Большой Медвѣдицы онѣ выйдутъ равными (въ Петербургѣ) приблизительно $21\frac{1}{4}$ градусамъ и $57\frac{3}{4}$ градусамъ. Полюсъ міра $П$, очевидно, лежитъ посрединѣ между точками T и X ; поэтому зенитное разстояніе $ЗП$ есть среднее между $ЗТ$ и $ЗХ$, т.-е. въ Петербургѣ оно равно приблиз. 30 градусамъ. Зенитное разстояніе точки $Э$ на экваторѣ $ЗЭ$ будетъ равно 90—30 или 60 градусамъ.

Почему же и какъ именно происходитъ годовое движеніе солнца? Изъ бесѣды II мы знаемъ уже, что причина этого явленія—годовое движеніе земли. Мы

не замѣчаемъ своего движенія вмѣстѣ съ землей, и намъ кажется, что солнце передвигается въ томъ же направленіи по небесной сферѣ. Рисунокъ 109 поясняетъ, въ чемъ дѣло. Земля движется вокругъ солнца почти по круговой линіи *АВВГ*. 8 марта земля находится въ точкѣ *А*; тогда солнце закрываетъ собою созвѣздіе **Рыбы**; и это созвѣздіе не будетъ видно, такъ какъ пройдетъ надъ наблюдателемъ въ полдень; зато въ полночь на меридіанѣ будетъ противоположное созвѣздіе **Дѣвы**. Черезъ 3 мѣсяца, къ 10 іюня, земля передвинется на $\frac{1}{4}$ круга, въ точку *В*; тогда солнце закроетъ созвѣздіе **Близнецовъ**, а видно будетъ въ полночь на меридіанѣ созвѣздіе **Стрѣльца**. Къ 10 сентября земля придетъ въ точку *В*; солнце закроетъ созвѣздіе **Дѣвы**, а на меридіанѣ въ полночь будетъ созвѣздіе **Рыбы**. Къ 10 декабря земля передвинется въ точку *Г*; солнце закроетъ созвѣздіе **Стрѣльца**, на меридіанѣ въ полночь будетъ созвѣздіе **Близнецовъ**. Значитъ, вслѣдствіе движенія земли, солнце должно какъ бы описать по небесной сферѣ полный кругъ и закрыть рядъ созвѣздій. Эти созвѣздія суть созвѣздія зодіака и всѣ приведены на стр. 242—246 (они напечатаны жирнымъ шрифтомъ). Ихъ всего 12, по одному на каждый мѣсяцъ. Начиная съ марта, солнце закрываетъ постепенно: въ мартѣ **Рыбы**, въ апрѣлѣ **Овна**, въ маѣ **Тельца**, въ іюнѣ **Близнецовъ**, въ іюлѣ **Рака**, въ августѣ **Льва**, въ сентябрѣ **Дѣву**, въ октябрѣ **Вѣсы**, въ ноябрѣ **Скорпіона**, въ декабрѣ **Стрѣльца**, въ январѣ **Козерога**, въ февралѣ **Водолея**. Плоскость, въ которой движется центръ земного шара, и линія, по которой кажется движущимся центръ солнца, называется **эклиптикой**. Такимъ образомъ мы всегда можемъ сказать, какое созвѣздіе зодіака находится въ полночь данного дня на меридіанѣ. Рис. 105 можетъ указать, въ которомъ часу по полуночи въ

сентябрѣ данное созвѣздіе пересѣкаетъ меридіанъ. Передвигая же цифры часовъ, то же можно сдѣлать и для любого мѣсяца.

Вообразимъ теперь земной шаръ, вращающійся на оси *ПП*₁ (см. рис. 110) и окруженный сферой, имѣющей

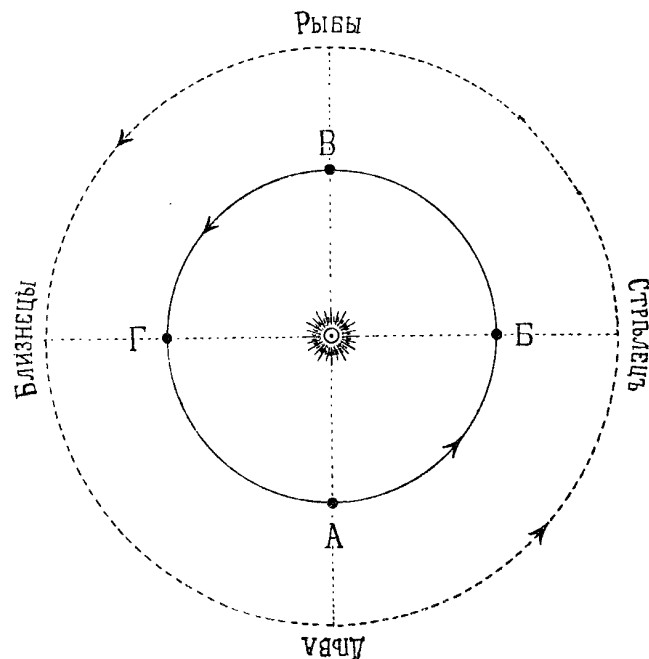


Рис. 109. Объясненіе годового движенія солнца.

центръ въ центрѣ земного шара. Пусть кругъ *ЭК* будетъ небесный экваторъ (продолженіе земного экватора *эк*), *З*—зенитъ наблюдателя *А*, *ЮС* его полуденная линія (сравни съ рис. 106). Земной шаръ вращается противъ движенія часовыхъ стрѣлокъ, если смотрѣть съ полюса *П* (сѣвернаго), вся же сфера кажется вращающейся въ теченіе сутокъ по направленію часовыхъ

стрѣлокъ. Плоскость, въ которой движется центръ земли, или эклиптика, не совпадаетъ съ плоскостью земного экватора; она наклонена къ нему на уголъ приблизительно въ $23\frac{1}{2}$ градуса. Поэтому и кажущійся путь годового движенія солнца будетъ наклоненъ къ небесному экватору $ЭК$ на $23\frac{1}{2}$ градуса. Путь центра солнца на сферѣ обозначенъ у насъ буквами $ЛТ$. Вдоль этого пути и расположены созвѣздія зодіака. Движеніе по нему центра солнца совершается противъ движенія часовыхъ стрѣлокъ, въ томъ же направленіи, въ какомъ совершается вращеніе земли. Отмѣтимъ прежде всего двѣ важныя точки на сферѣ — это точки пересѣченія эклиптики $ЛТ$ съ экваторомъ $ЭК$; онѣ обозначены у насъ особыми знаками **Овна** и **Вѣсовъ**: γ и ϖ . Теперь эти точки находятся уже въ созвѣздіяхъ **Рыбъ** и **Дѣвы**, а во времена Гиппарха были въ созвѣздіяхъ **Овна** (γ) и **Вѣсовъ** (ϖ). Когда солнце вступаетъ въ эти точки, т.-е. когда его центръ пересѣкаетъ экваторъ, наступаютъ весеннее и осеннее равноденствія. Въ самомъ дѣлѣ, если, смотря на рис. 106, вообразить, что солнце находится на экваторѣ (8 марта или 10 сентября) и вмѣстѣ со сферой за эти сутки описало кругъ вокругъ земной оси, то двигаться оно будетъ несомнѣнно по экватору. Видно по рисунку, что половина этого круга лежитъ надъ горизонтомъ, половина — подъ горизонтомъ $ЮС$, а потому день будетъ равенъ ночи. Точки γ и ϖ поэтому и называются точками весенняго и осенняго равноденствія. Теперь вернемся къ вопросу объ измѣреніи времени. Начнемъ съ звѣзднаго времени.

Какъ мы уже знаемъ, звѣздными сутками называется промежутокъ времени между двумя верхними прохожденіями черезъ меридіанъ (кульминаціями) какой-

либо звѣзды или вообще какой-либо точки сферы (см. стр. 248, 251). Теперь мы должны выразиться болѣе опредѣленно. Звѣздными сутками принято называть промежутокъ времени между двумя верхними кульминаціями точки весенняго равноденствія или, кратко, точки **Аріэс** (γ). Объяснимъ, почему выбрана именно точка γ .

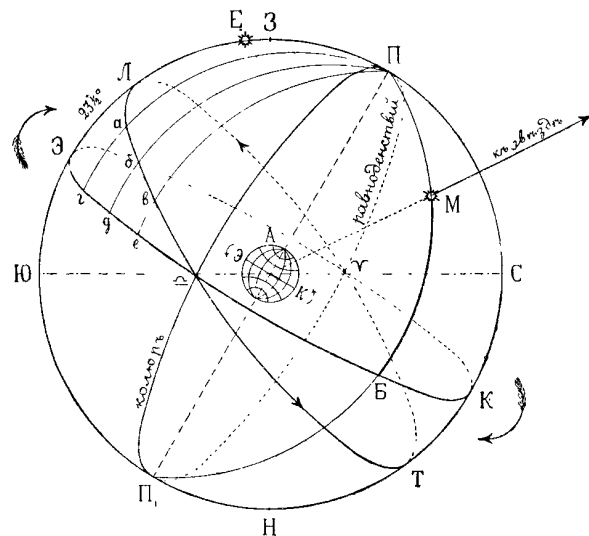


Рис. 110. Звѣздное время и годовое движеніе солнца.

Когда эта точка γ , вращаясь вмѣстѣ со сферой вокругъ земной оси $ПП_1$, вступаетъ на меридіанъ $ПП_1К$ наблюдателя $А$, наблюдатель говоритъ, что у него нуль звѣзднаго времени, т.-е. начались звѣздныя сутки, наступилъ звѣздный полдень. Сфера равномерно вращается вокругъ оси $ПП_1$, точка γ равномерно передвигается по экватору $ЭК$ и въ каждый звѣздный часъ проходитъ дугу въ 15 градусъ овъ

(такъ какъ за сутки, въ 24 часа, она должна пройти полную окружность или 360 градусовъ). Вообразимъ, что меридианъ $ПЗП_1Н$ остается все время неподвижнымъ, а круги сферы и всѣ ея точки постепенно черезъ него проходятъ, двигаясь въ направленіи суточного движенія свѣтилъ, т.-е. по направленію движенія часовыхъ стрѣлокъ, если смотрѣть съ полюса $П$. Большой кругъ, проходящій черезъ полюсы и равноденственные точки, т.-е. кругъ $П\gamma\P_1\perp$, называется у астрономовъ колюромъ равноденствій. Въ моментъ звѣзднаго полудня (или начала звѣздныхъ сутокъ) колюрь равноденствій совмѣщается съ меридианомъ, а затѣмъ равномерно вращается вокругъ оси $ПП_1$. Это именно вращеніе и измѣряетъ звѣздное время въ данный моментъ. Положимъ, что въ данный моментъ колюрь равноденствій принялъ положеніе, изображенное на рис. 110. Тогда онъ образуетъ съ меридианомъ уже нѣкоторый уголъ. Этотъ уголъ измѣряется дугой экватора $\mathcal{U}$. Положимъ далѣе, что дуга $\mathcal{U}$ содержитъ 102 градуса. Спрашивается, сколько въ этотъ моментъ будетъ звѣзднаго времени? Расчетъ очень простъ. На часъ приходится 15 градусовъ, на одну минуту $\frac{1}{4}$ градуса или одинъ градусъ на 4 минуты; звѣзднаго времени будетъ 6 часовъ 48 минутъ ($102 = 15 \times 6 + 12$; $4 \times 12 = 48$). Дуга $\mathcal{U}$ называется часовымъ угломъ точки γ . Значитъ, звѣздное время въ данный моментъ есть часовой уголъ точки γ , переведенный въ единицы времени. Но спрашивается, какъ опредѣлить этотъ часовой уголъ? Вѣдь точка γ ничѣмъ на небѣ не обозначена, какъ же мы можемъ знать ея часовой уголъ? Чтобы понять это, познакомимся, какъ астрономы опредѣляютъ положенія звѣздъ на вспомогательной сферѣ, изображенной на рис. 110.

Пусть изъ центра сферы, гдѣ мы вообразимъ глазъ наблюдателя, проведено направленіе $ОМ$ на какую-нибудь звѣзду. Точка $М$ будетъ называться мѣстомъ или положеніемъ звѣзды на сферѣ. Проведемъ черезъ полюсы $П$ и $П_1$ и мѣсто звѣзды $М$ большой кругъ $ПМП_1$. Пусть онъ пересѣкаетъ экваторъ въ точкѣ $Б$. Тогда двѣ дуги будутъ вполне опредѣлять положеніе звѣзды $М$: одна дуга $БМ$ измѣряется отъ экватора до мѣста звѣзды, по кругу $ПМП_1$; она называется склоненіемъ звѣзды и считается къ сѣверному полюсу со знакомъ $+$ (положительное), къ южному полюсу со знакомъ $-$ (отрицательное); другая дуга будетъ $\gamma Б$, считая по экватору отъ γ до $Б$ по направленію годового движенія солнца (противъ часовыхъ стрѣлокъ); она называется прямымъ восхожденіемъ и считается отъ нуля до 360 градусовъ; но обыкновенно она прямо выражается въ единицахъ времени, прямое восхожденіе считаютъ отъ нуля до 24 часовъ. Такимъ образомъ, на примѣръ, прямое восхожденіе звѣзды $Е$, находящейся на меридианѣ, будетъ дуга $\gamma Э$ или 102 градуса, т.-е. 6 часовъ 48 минутъ; прямые восхожденія точекъ $a, б, в$ будутъ дуги $\gamma a, \gamma б, \gamma в$; прямое восхожденіе точки $\perp$ будетъ дуга $\gamma \perp$ или 180 градусовъ (полъ-круга), т.-е. 12 часовъ. У каждой точки сферы будетъ свое склоненіе и свое прямое восхожденіе. Теперь вернемся къ звѣздному времени въ данный моментъ.

Это звѣздное время изображала у насъ дуга $\mathcal{U}$. Но предположимъ, что какъ разъ въ этотъ моментъ у наблюдателя $А$ кульминируетъ звѣзда $Е$. Прямое восхожденіе этой звѣзды будетъ дуга $\gamma Э$, т.-е. какъ разъ звѣздное время. Слѣдовательно, звѣздное время въ данный моментъ равно прямому восхожденію звѣзды, которая въ этотъ моментъ кульминируетъ. Отсюда видно, что достаточно

знать прямые восхождения звѣздъ, чтобы сумѣть въ каждый моментъ провѣрить часы, идущіе по звѣздному времени. Для этого нужно только выбрать звѣзду, которая въ этотъ моментъ кульминируетъ, и знать ея прямое восхождение. Вотъ здѣсь-то мы и встрѣчаемся съ одной изъ важнѣйшихъ задачъ практической астрономіи, требующей точныхъ и искусныхъ наблюдений и измѣреній. Опять можно спросить, какъ опредѣлить прямые восхождения звѣздъ, если точка γ , отъ которой они считаются, не обозначена на небѣ ничѣмъ?

Вспомнимъ, что 8 марта центръ солнца пересѣкаетъ экваторъ и находится именно въ точкѣ γ . Значить, нужно только высчитать, въ какой именно часъ 8 марта пройдетъ центръ солнца черезъ экваторъ; тогда, зная положеніе какой-либо звѣзды въ этотъ моментъ, и можно будетъ опредѣлить прямое восхождение звѣзды. Прямые восхождения прочихъ звѣздъ опредѣлятся сами собою, такъ какъ относительныя положенія звѣздъ остаются неизмѣнными. Посмотримъ, какъ это можно сдѣлать. Возьмемъ 1908 годъ.

8 марта центръ солнца, пересѣкая экваторъ, переходитъ изъ южной части сферы $ЭШ, К'$ въ сѣверную $ЭПК$ (см. рис. 110), и потому склоненіе его центра изъ южнаго, отрицательнаго, становится сѣвернымъ, положительнымъ. Когда центръ солнца вступитъ на экваторъ, склоненіе его будетъ нуль. Вотъ этотъ моментъ нулевого склоненія для центра солнца и нужно высчитать. Будемъ наблюдать солнце въ полдень 7 и 8 марта и опредѣлять его склоненія, т. е. разстоянія его центра по меридіану отъ экватора. Какъ опредѣлить на сферѣ положеніе экватора, мы видѣли на стр. 257. Установивъ универсальный инструментъ въ меридіанѣ и направивъ въ полдень 7 марта 1908 г. трубу инструмента на центръ солнца,

мы нашли бы, что центръ солнца отстоитъ отъ экватора къ югу на $\frac{1}{4}$ градуса или на 15 минутъ дуги (градусъ содержитъ 60 дуговыхъ минутъ). Если бы сдѣлать то же измѣреніе 8 марта, то оказалось бы, что центръ солнца отстоитъ отъ экватора уже къ сѣверу на $\frac{3}{20}$ градуса или на 9 минутъ дуги. Спрашивается, когда центръ солнца былъ на экваторѣ? 7 марта въ полдень склоненіе солнца было — 15 минутъ (отрицательное), 8 марта въ полдень оно было + 9 минутъ (положительное). Раздѣлимъ промежутокъ времени между двумя полуднями (это уже не звѣздныя, но солнечныя сутки) на 24 часа. Тогда выйдетъ такой расчетъ: въ 24 часа склоненіе измѣнилось отъ — 15 до + 9 минутъ, всего на 24 минуты дуги; слѣдовательно, въ часъ оно мѣнялось на одну минуту. Чтобы отъ — 15 минутъ дойти до нуля, очевидно, необходимо 15 часовъ. Значить, прохожденіе центра солнца черезъ точку γ случилось черезъ 15 часовъ послѣ полудня 7 марта, т. е. 8 марта въ 3 часа пополудни. Въ этотъ моментъ центръ солнца находился какъ разъ въ точкѣ γ (см. рис. 111). Его часовой уголъ (считая отъ меридіана $ЭЗПКП_1$) выразится дугой $ЭК\gamma$, которая содержитъ 15×15 или 225 градусовъ (такъ какъ отъ полудня 7 марта прошло 15 часовъ, а въ каждый часъ часовой уголъ солнца увеличивается на 15 градусовъ). Пусть мы пронаблюдали какую-нибудь звѣзду $М$ и для 3 часовъ по полуночи измѣрили ея часовой уголъ $ЭКБ$ (для этого надо знать только, сколькими часами раньше этого момента она прошла черезъ меридіанъ, и умножить 15 градусовъ на число пропѣдшихъ звѣздныхъ часовъ). Положимъ, вышло 315 градусовъ, т. е. звѣзда прошла черезъ меридіанъ 21 звѣздный часъ тому назадъ. Прямое восхождение звѣзды будетъ дуга $\gamma Б$, равная $315 - 225$ или 90 градусамъ; во времени это

выйдетъ 6 часовъ. Значить, звѣзда прошла черезъ меридіанъ шестью часами раньше точки γ , гдѣ находится теперь центръ солнца, и ея прямое восхожденіе равно 6 часамъ. Чтобы опредѣлить прямое восхожденіе любой другой звѣзды, нужно только знать, на-

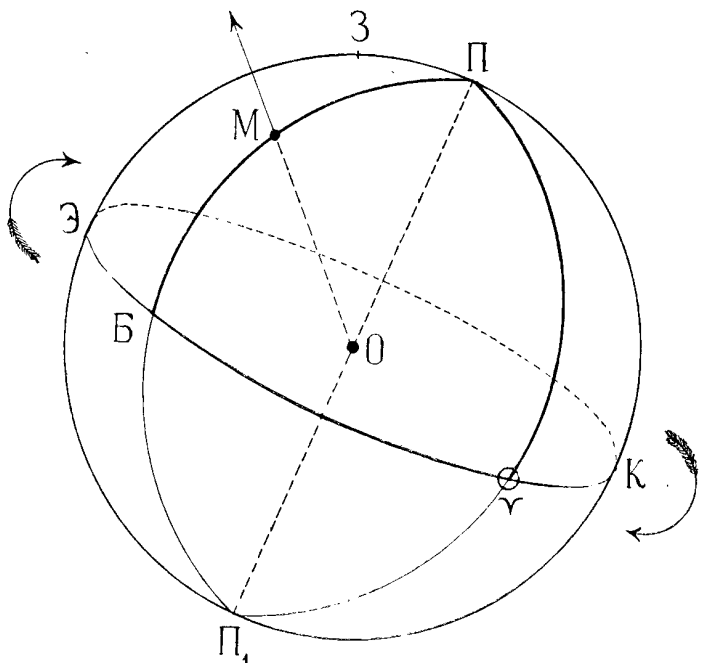


Рис. 111. Опредѣленіе прямого восхожденія.

сколько часовъ раньше или позже она кульминировала, чѣмъ первая выбранная нами звѣзда (основная). Такъ опредѣляются прямые восхожденія звѣздъ и вообще всѣхъ свѣтилъ и записываются въ астрономическія таблицы.

Имѣя въ рукахъ такія таблицы, можно въ любой моментъ провѣрить часы, идущіе по звѣздному времени. Стоитъ только пронаблюдать звѣзду, которая кульминируетъ въ этотъ моментъ: ея прямое восхожденіе, взятое изъ таблицъ, будетъ равно звѣздному времени въ данный моментъ, т.-е. укажетъ, сколько времени тому назадъ прошла черезъ меридіанъ точка γ .

Вы видите теперь, съ какими трудностями сопряженъ точный и правильный счетъ даже звѣзднаго времени. Но на этомъ еще не кончаются затрудненія. Считать время по звѣздамъ (по точкѣ γ) очень удобно въ научномъ отношеніи, такъ какъ расчеты и повѣрка часовъ весьма просты и единица времени — звѣздныя сутки — весьма постоянна. Но такой счетъ времени не удобенъ практически, такъ какъ не согласуется со смѣной дня и ночи, съ суточнымъ движеніемъ солнца. Между тѣмъ, именно по смѣнѣ дня и ночи мы всегда вынуждены располагать свои практическія дѣла, въ томъ числѣ и астрономическія наблюденія. Поэтому надо научиться вести счетъ времени по солнцу. Но тутъ и возникаетъ рядъ большихъ затрудненій, для устраненія которыхъ потребовалось много ума, труда и искусства.

Если считать время по солнцу, то единицей времени будутъ солнечныя сутки. Солнечными сутками называютъ промежутокъ времени между двумя полуднями или между двумя верхними кульминаціями центра солнца. Будутъ ли солнечныя сутки равны звѣзднымъ? Нѣтъ, не будутъ. Вернемся къ рис. 110. Положимъ, что въ извѣстный день года солнце I и звѣзда E кульминировали одновременно. Черезъ однѣ звѣздныя сутки земной шаръ совершитъ полный оборотъ вокругъ оси $ПП_1$, вся сфера

совершить полный оборотъ въ обратномъ направленіи, и звѣзда *E* вновь вступить на меридіанъ *СПЮП*₁, а солнце? Вслѣдствіе годового движенія земли мы увидимъ, что солнце передвинется по эклиптикѣ въ ту же сторону, въ которую вращается земля (см. рис. 110). Центръ солнца окажется уже не въ *Г*, но въ *а*. Значить, землѣ придется повернуться еще на нѣкоторый уголъ, чтобы центръ солнца снова очутился на меридіанѣ наблюдателя *A*, который въ моментъ кульминаціи звѣзды *E* совпадалъ съ нашимъ неподвижнымъ небеснымъ меридіаномъ *СПЮП*₁. Поэтому солнечныя сутки длиннѣе звѣздныхъ. Еще черезъ солнечныя сутки солнце окажется въ точкѣ *б*, затѣмъ въ точкѣ *в* и т. д., пока ровно черезъ годъ снова не вернется въ точку *Г*. Что же все это значитъ? Это значитъ, что за годъ земля сдѣлаетъ относительно центра солнца ровно однимъ оборотомъ меньше, чѣмъ относительно звѣзды, или, лучше сказать, относительно точки *Г*; точка *Г* въ годъ будетъ имѣть на одну кульминацію больше, чѣмъ солнце, поэтому годъ долженъ содержать звѣздныхъ сутокъ ровно на одинъ больше, чѣмъ солнечныхъ. Тѣ наблюденія, о которыхъ сказано на стр. 264 и д., убѣждаютъ, что центръ солнца возвращается въ точку *Г* черезъ $366 \frac{2422}{10000}$ звѣздныхъ сутокъ, т.-е. въ теченіе года точка *Г* дѣлаетъ вокругъ земного шара $366 \frac{2422}{10000}$ оборотовъ, или, лучше сказать, земля дѣлаетъ столько же оборотовъ относительно точки *Г*. Относительно же центра солнца земля сдѣлаетъ ровно однимъ оборотомъ меньше, и потому годъ содержитъ только $365 \frac{2422}{10000}$ солнечныхъ сутокъ. Отсюда и ясно, что солнечныя сутки продолжительнѣе звѣздныхъ. А именно, одинъ солнечныя сутки содержатъ $366 \frac{2422}{10000}$ дѣленное на $365 \frac{2422}{10000}$ сутокъ

звѣздныхъ или одинъ звѣздныя сутки $\frac{366 \frac{2422}{10000}}{365 \frac{2422}{10000}}$ 3 минуты 56½ секундъ. Наоборотъ, одинъ звѣздныя сутки содержатъ одинъ солнечныя сутки безъ 3 мин. 57 секундъ. Тѣ и другія сутки одинаково дѣлятся на 24 часа, часъ на 60 мин., минута на 60 сек., только солнечныя часы, минуты и секунды будутъ продолжительнѣе звѣздныхъ. Но спрашивается теперь, въ чемъ же затрудненіе? Почему нельзя на практикѣ или пользоваться только звѣзднымъ временемъ, или, если нужно солнечное, то только убавлять отъ звѣзднаго времени извѣстную величину, по расчету 3 мин. 57 секундъ на каждыя звѣздныя сутки? Вотъ почему.

Начало звѣздныхъ сутокъ только разъ въ году, въ весеннее равноденствіе, 8 марта, совпадаетъ приблизительно съ началомъ солнечныхъ сутокъ. Чѣмъ дальше отъ весенняго равноденствія, тѣмъ больше и больше расходятся начало звѣздныхъ и начало солнечныхъ сутокъ. 10 сентября солнце придетъ, двигаясь по эклиптикѣ, уже въ точку $\cap$ (осенняго равноденствія) и будетъ уже на разстояніи 180 градусовъ отъ точки *Г*. Поэтому солнечный полдень случится уже на 12 часовъ позже звѣзднаго, а слѣдовательно, «звѣздный полдень» случится не днемъ, но почти въ полночь. Такимъ образомъ начало звѣздныхъ сутокъ въ теченіе года случается въ разные часы дня, — то днемъ, то ночью. Вотъ почему счетъ по звѣздному времени и неудобенъ на практикѣ. Но этимъ далеко еще не кончаются затрудненія.

Счетъ по солнечному времени былъ бы такъ же простъ, какъ и по звѣздному, если бы солнечныя сутки были всегда равны между собою, всегда были на 3 мин. 56½ сек. звѣзднаго времени продолжительнѣе сутокъ звѣздныхъ. Но этого-то и нѣтъ. Солнечныя сутки не равны между собою по продолжительности

въ разное время года. Напримѣръ, въ декабрѣ солнечныя сутки на $\frac{3}{4}$ минуты длиннѣе, чѣмъ въ концѣ сентября или въ серединѣ февраля. Въ этомъ можно убѣдиться, наблюдая по часамъ промежутки между послѣдовательными полуднями. Что же за причина такого явленія? Причина въ томъ, что годовое движеніе солнца и его суточное движеніе не совершаются въ одной плоскости или хотя бы параллельно другъ другу. Взглянемъ на рис. 112. Суточное движеніе солнца, какъ и всѣхъ точекъ сферы, совершается вокругъ земной оси $ПП_1$, перпендикулярно къ этой оси, а годовое движеніе солнца совершается по эклиптикѣ, наклонно къ оси, а потому наклонно и къ плоскости суточного движенія. Чтобы лучше понять, какъ складываются оба движенія солнца, годовое и суточное, проще всего взять черный шаръ, начертить на немъ экваторъ $ЭК$ и эклиптику $ЛТ$ и вращать вокругъ оси $ПП_1$ (см. рис. 112). Тогда всѣ точки экватора при вращеніи будутъ какъ бы покрывать другъ друга, экваторъ будетъ двигаться самъ вдоль себя, не уклоняясь ни къ тому, ни къ другому полюсу. Точки же эклиптики $ЛТ$ будутъ описывать различные круги. Напримѣръ, точка γ или точка $\simeq$ описываютъ экваторъ $ЭК$; точка $Л$ описываетъ кругъ $ЛР$, меньшій экватора и параллельный ему; точка $Т$ описываетъ также малый кругъ $ТГ$ и т. д. Вообразимъ, что нѣкоторая точка движется очень медленно (какъ солнце въ теченіе года) по кругу $ЛТ$ въ направленіи стрѣлки, а вся сфера поворачивается вокругъ оси $ПП_1$ въ обратномъ направленіи и притомъ въ 366 разъ быстрѣе, чѣмъ точка на кругѣ $ЛТ$ (какъ звѣзда въ теченіе сутокъ). Что тогда выйдетъ? Пусть кругъ $СПЮН$, изображаетъ меридіанъ, и пусть вдоль него обнимаетъ нашъ шаръ неподвижное кольцо или обручъ. Съ каждымъ

оборотомъ шара какая-нибудь точка его поверхности, напримѣръ, γ , будетъ черезъ равныя промежутки времени пересѣкать кольцо, изображающее меридіанъ:

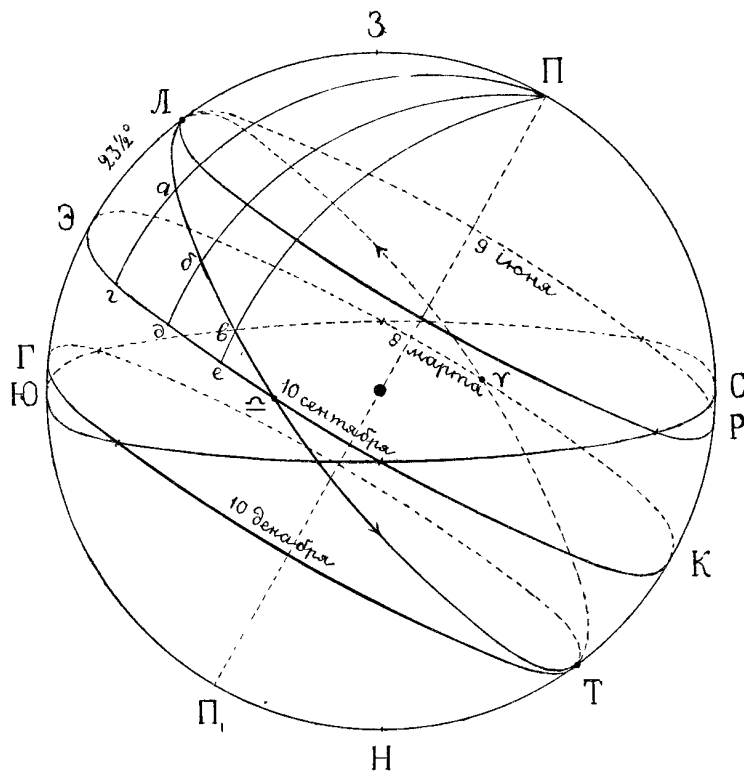


Рис. 112. Неравенство солнечных сутокъ.

подвижная же точка на кругѣ $ЛТ$ также будетъ черезъ извѣстные промежутки пересѣкать меридіанъ, но, во-первыхъ, эти промежутки будутъ длиннѣе промежутковъ, указанныхъ выше для точки γ , а во-вторыхъ,

они будутъ еще неравны между собой. Причина неравенства такова. Положимъ, что подвижная точка на кругѣ TT начинаетъ движеніе отъ L и движется равномерно, проходя съ каждымъ оборотомъ шара равныя дуги Ta , ab , $бв$ и т. д. Съ каждымъ оборотомъ точка будетъ уходить отъ меридіана. Чтобы она вступала послѣдовательно на меридіанъ, шару придется поворачиваться на извѣстные углы; чтобы отыскать, какіе это именно углы, нужно черезъ полюсы P, P_1 и точки $a, б, в$ и т. д. провести дуги большихъ круговъ Pa , $Пб$, $Пв$ и т. д. На экваторѣ $ЭК$ получатся точки пересѣченія $г, д, е$ и т. д. Шаръ и придется поворачивать постепенно (по стрѣлкѣ) на такіе углы, чтобы каждая точка экватора передвигалась постепенно на дуги $Эг$, $гд$, $де$ и т. д. Но эти дуги именно и неравны между собою: чѣмъ ближе къ точкѣ $\cap$ (или γ), тѣмъ дуги дѣлаются короче.

Итакъ, если бы даже солнце двигалось по эклиптикѣ равномерно, солнечныя сутки не были бы равны между собою. Но солнце даже и по эклиптикѣ движется неравномерно, потому что земля движется вокругъ солнца неравномерно и не по кругу, а по эллипсу (см. бесѣду V, стр. 149). Отсюда и возникаютъ большія затрудненія при счетѣ времени по солнцу. Мы не можемъ пользоваться такими часами, которые шли бы неравномерно, въ разные дни года то быстрее, то медленнѣе, слѣдуя точно за солнцемъ. Наши часы идутъ равномерно, и стрѣлка ихъ дѣлаетъ два полныхъ оборота не въ настоящія (истинныя) солнечныя сутки, но въ нѣкоторыя среднія солнечныя сутки. Чтобы отыскать продолжительность такихъ среднихъ сутокъ, нужно $366 \frac{2422}{10000}$ звѣздныхъ часовъ (годъ) раздѣлить на $365 \frac{2422}{10000}$ равныхъ частей. Выйдетъ 24 часа 3 мин. $56\frac{1}{2}$ сек. звѣздныхъ. Зная это, и устраиваютъ

такъ называемые среднія часы, у которыхъ стрѣлка проходить 24 часовыхъ дѣленія за среднія солнечныя сутки или, иначе, за 24 часа 3 мин. $56\frac{1}{2}$ сек. звѣзднаго времени; однако, трудность состоитъ вовсе не въ устройствѣ такихъ часовъ, а въ томъ, какъ ихъ поворачивать и съ какого момента начинать счетъ среднихъ сутокъ. По настоящему, видимому солнцу такой счетъ вести нельзя. Дѣйствительно, если мы, напримѣръ, на приборѣ, изображенномъ на рис. 108, опредѣлимъ моментъ полудня, т. е. моментъ вступленія центра видимаго солнца на меридіанъ, то увидимъ, что наши часы въ этотъ моментъ обыкновенно не показываютъ 12 часовъ (или, лучше сказать, не показываютъ нуль часовъ). Моментъ полудня по видимому солнцу нетрудно приближенно опредѣлить такъ: замѣтить по часамъ, когда изображеніе солнца пересѣкло одинъ изъ круговъ, напримѣръ, въ A и B (рис. 108). Получится два момента (до и послѣ полудня). И если возьмемъ средній между ними моментъ, то окажется, что онъ не равенъ нулю часовъ. Напримѣръ, можетъ случиться, что 1 февраля въ точкѣ A изображеніе солнца будетъ по нашимъ часамъ въ 9 часовъ 35 минутъ утра, а въ точкѣ B —въ 2 часа 53 минуты дня. Средній моментъ будетъ 0 часовъ 14 минутъ, а не точно нуль. Значитъ, если бы мы считали по видимому солнцу, у насъ вышло бы ровно полдень (нуль часовъ), а по нашимъ часамъ, если они свѣрены предварительно съ пушкой, должно было бы выйти 14 минутъ перваго пополудни. И эта разница будетъ весьма различна въ разные дни года. Напримѣръ, около 1 февраля наши часы должны быть впереди видимаго солнца на 14 слишкомъ минутъ, около 1 мая уже позади на 4 почти минуты, около 15 іюля опять впереди на 6 слишкомъ минутъ, около 20 октября позади на 16 слишкомъ

минуть; только 4 раза въ году: 2 апрѣля, 1 июня, 19 августа и 12 декабря показанія нашихъ часовъ совпадаютъ съ временемъ по видимому солнцу. Указанная выше разниа называется у астрономовъ уравненіемъ времени.

Точное вычисленіе уравненія времени представляетъ большія трудности. Приходится вести счетъ времени не по видимому солнцу, а по воображаемой точкѣ неба, которая двигалась бы не по эклиптикѣ и неравномѣрно, а по экватору и равномѣрно, такъ чтобы дуги $\mathcal{E}g$, gd , de и т. д., на которыя передвигается экваторъ сферы съ каждымъ солнечными сутками, уже искусственными, а не настоящими, были равны между собою (см. рис. 112). Эта воображаемая точка должна быть точно, совершенно опредѣленнымъ образомъ связана въ своемъ движеніи съ движеніемъ видимаго солнца, такъ чтобы ея положеніе всегда можно было вычислить, зная положеніе видимаго солнца на эклиптикѣ. Получается точка, которую астрономы называютъ воображаемымъ среднимъ солнцемъ. Эта точка движется равномѣрно по экватору и подчинена слѣдующему условію. Вообразимъ, что настоящее видимое солнце движется по эклиптикѣ равномѣрно, начиная съ положенія, гдѣ оно бываетъ 20 декабря (когда оно ближе всего къ землѣ). Солнце движется, какъ и земля, на самомъ дѣлѣ неравномѣрно, такъ какъ земля въ своемъ движеніи подчиняется первому и второму законамъ Кеплера (см. стр. 149, 150). Но зная въ каждый моментъ послѣ 20 декабря положеніе земли на ея орбитѣ, мы знаемъ и положеніе видимаго солнца на эклиптикѣ и на сферѣ, а отсюда можно подсчитать, какое положеніе солнце заняло бы на эклиптикѣ, если бы стало двигаться весь годъ равномѣрно. Тогда одна неравномѣрность будетъ

уравнена. Чтобы уравнивать и другую неравномѣрность, вообразимъ, что пѣкоторая точка равномѣрно въ теченіе года движется по экватору и выходитъ изъ точки γ въ одинъ и тотъ же моментъ съ центромъ солнца, которое теперь у насъ равномѣрно идетъ по эклиптикѣ; очевидно, зная положеніе видимаго солнца, мы каждый разъ будемъ знать и положеніе выбранной нами воображаемой точки. Эта точка и есть среднее солнце. Она будетъ кульминировать уже черезъ строго равныя промежутки времени, а именно,—черезъ 24 часа 3 мин. 56 $\frac{1}{2}$ сек. звѣзднаго времени, но только моменты кульминацій, т.-е. начала сутокъ будутъ то отставать, то уходить впередъ отъ моментовъ кульминацій видимаго солнца. Моментъ верхней кульминаціи видимаго солнца астрономы называютъ истиннымъ полуднемъ, а моментъ кульминаціи воображаемаго средняго солнца—среднимъ полуднемъ. Разница между истиннымъ и среднимъ полуднемъ и есть уравненіе времени. Это уравненіе времени будетъ въ теченіе года мѣняться, такъ какъ воображаемое среднее солнце будетъ то отставать отъ видимаго, то уходить впередъ отъ него; только 4 раза въ году среднее солнце и центръ видимаго солнца совпадаютъ, и уравненіе времени равно нулю. Точное вычисленіе уравненія времени, т.-е. числа минутъ и секундъ, на которыя среднее солнце отстало или ушло впередъ отъ видимаго, представляетъ весьма трудную задачу, требующую даже знанія высшей математики. Уравненіе времени вычисляется астрономами впередъ для полудня каждаго дня даннаго года и помѣщается въ таблицахъ. Изъ года въ годъ оно немного также измѣняется. Вотъ краткая табличка для приблизительнаго вычисленія уравненія времени.

Въ истинный полдень наши часы должны показывать:

	ч. м.		ч. м.		ч. м.
Января 1	0 9	Мая 1.....	11 56	Сентября 1.....	11 55
„ 15.....	13	„ 15.....	57	„ 15.....	51
Февраля 1.....	14	Июня 1.....	0 0	Октября 1.....	46
„ 15.....	13	„ 15.....	3	„ 15.....	44
Марта 1.....	9	Июля 1.....	6	Ноября 1.....	45
„ 15.....	5	„ 15.....	6	„ 15.....	48
Апрѣля 1.....	0	Августа 1.....	5	Декабря 1.....	55
„ 15.....	11 57	„ 15.....	1	„ 15.....	0 1

Такимъ образомъ, имѣя при себѣ эту табличку, мы всегда можемъ съ точностью до минуты опредѣлить поправку нашихъ среднихъ часовъ. Напримѣръ, если 1 сентября мы съ помощью прибора, изображеннаго на рис. 108, опредѣляли моментъ истиннаго полудня по нашимъ часамъ и нашли, что онъ случился по нашимъ часамъ въ 2 минуты перваго пополудни, то, значитъ, наши часы ушли впередъ на 6 минутъ, такъ какъ на самомъ дѣлѣ они должны были бы показывать только 11 час. 56 мин. Для промежуточныхъ дней уравниеніе времени можно высчитать приближенно. Напримѣръ, 5 марта уравниеніе времени въ полдень найдется такъ: за 15 сутокъ, отъ 1 до 15 марта, уравниеніе времени уменьшилось на 4 минуты (съ 9 на 5); за 5 сутокъ оно уменьшится на $1\frac{1}{3}$ минуты, значитъ, въ истинный полдень 5 марта средніе часы должны показывать около 8 минутъ перваго. Какъ болѣе точно вычислить поправку среднихъ часовъ, читатели могутъ найти въ «Русскомъ Астрономическомъ Календарѣ», постоянная часть, стр. 88—90.

По движенію воображаемаго средняго солнца и стрѣляетъ въ Петропавловской крѣпости Петербурга пушка, именно, въ средній полдень. Сигналъ подается

(путемъ автоматическаго замыканія тока) изъ Пулковской астрономической обсерваторіи, гдѣ установлены превосходные часы, идущіе по среднему времени, или средніе часы. Они установлены въ подвалѣ, гдѣ весь годъ не мѣняется температура, и ходъ часовъ ежедневно провѣряется путемъ наблюденій солнца.

Вотъ каковы трудности правильнаго счета времени. Не меньшія трудности встрѣтились астрономамъ и при изобрѣтеніи календаря. Календарь долженъ быть устроенъ такъ, чтобы начало временъ года, т.-е. весны, лѣта, осени и зимы, приходились всегда на одни и тѣ же числа по календарю. Весна начинается тогда, когда послѣ зимы день дѣлается равенъ ночи; въ это время именно центръ солнца вступаетъ на экваторъ въ точкѣ γ (см. рис. 112) и въ теченіе сутокъ движется по экватору; половина экватора $ЭК$ находится надъ горизонтомъ $ЮС$, половина подъ горизонтомъ, и потому день бываетъ равенъ ночи. Къ 9 іюня солнце выше всего поднимается надъ экваторомъ въ сѣверное полушаріе неба и достигаетъ наибольшаго удаленія отъ экватора въ точкѣ $Л$; тогда оно за сутки 9 іюня движется уже по кругу $ЛР$ (параллельно $ЭК$); большая часть этого круга лежитъ надъ горизонтомъ, меньшая подъ горизонтомъ; день будетъ самый длинный, ночь самая короткая, и наступаетъ начало лѣта. 10 сентября солнце возвращается на экваторъ въ точкѣ осенняго равноденствія $\equiv$, и наступаетъ осень. Къ 10 декабря солнце удаляется отъ экватора въ южное полушаріе неба и достигаетъ наибольшаго удаленія отъ экватора въ точкѣ $Т$; тогда кругомъ суточнаго движенія солнца будетъ кругъ $ТГ$, котораго большая часть подъ горизонтомъ, тогда день будетъ самый короткій, и наступаетъ зима. Итакъ, календарь долженъ согласоваться съ кажущимся

годовымъ движеніемъ солнца. Это хорошо понимали уже въ древности, но далеко не сразу добились изобрѣтенія точнаго календаря. Въ древности уже опредѣляли время года по вступленію солнца въ то или иное созвѣздіе зодіака, но далеко не сразу установили точно, въ какой день года должно начинать каждое изъ четырехъ временъ года. Трудность заключалась, главнымъ образомъ, въ опредѣленіи длины года.

Годомъ астрономы называютъ промежутокъ времени между двумя послѣдовательными вступленіями центра солнца въ точку весенняго равноденствія, т.е. между двумя наступленіями весны. Предстояло рѣшить вопросъ: сколько же среднихъ или звѣздныхъ сутокъ содержитъ такой годъ? Проще всего было бы рѣшить вопросъ такъ: замѣтить, черезъ сколько сутокъ центръ солнца возвращается къ одной и той же звѣздѣ (изъ созвѣздій зодіака), для этого нужно было бы только наблюдать ежедневно кульминаціи этой звѣзды и сосчитать, сколько ихъ было въ теченіе большого количества лѣтъ, напримѣръ, въ теченіе ста лѣтъ. Оказалось бы, что число такихъ кульминацій за сто лѣтъ нужно было бы считать между 36625 и 36626; значить, солнце возвращается къ одной и той же звѣздѣ больше, чѣмъ черезъ $366\frac{25}{100}$, и меньше, чѣмъ черезъ $366\frac{26}{100}$ звѣздныхъ сутокъ. Но такой годъ былъ бы не тѣмъ, какой намъ нуженъ. Дѣло въ томъ, что точка γ , возвращеніе къ которой солнца начинаетъ нашъ годъ, не остается на мѣстѣ, въ одной и той же точкѣ эклиптики, но очень медленно передвигается. Это удивительное явленіе открыто Гиппархомъ и замѣчено имъ было потому, что прямая восхожденія звѣздъ со времени наблюдений астрономовъ, жившихъ за 150 лѣтъ до

него, увеличились. Такъ какъ прямая восхожденія считаются отъ точки γ къ востоку, значить, эта точка должна была постоянно отступать къ западу. Оказалось затѣмъ, что отступленіе точки γ равно 50 секундамъ дуги въ годъ. Гиппархъ называлъ явленіе предвареніемъ равноденствій (почему, увидимъ ниже), но не зналъ его причины. Причину объяснилъ уже только черезъ 18 вѣковъ великій Ньютонъ. Вотъ въ чемъ состоитъ объясненіе.

Точка γ есть пересѣченіе экватора съ эклиптикой. Небесный экваторъ есть пересѣченіе съ небесною сферою продолженнаго земного экватора, эклиптика на сферѣ есть пересѣченіе со сферой продолженной плоскости земной орбиты. Если точка пересѣченія γ экватора съ эклиптикой на сферѣ передвигается (см. рис. 112), то это значить, что земной экваторъ имѣетъ какое-то особенное собственное движеніе. А если это такъ, то должна имѣть движеніе и земная ось, съ которою земной экваторъ неизмѣнно связанъ (экваторъ есть большой кругъ земного шара, перпендикулярный къ оси земли). Движеніе это нужно представлять себѣ такъ (см. рис. 113).

Центръ земного шара O движется по орбитѣ AB вокругъ солнца S въ теченіе года, а земной шаръ вращается своей осью nn_1 въ теченіе сутокъ. Земная ось расположена не перпендикулярно къ плоскости орбиты AB (къ эклиптикѣ), но наклонена къ ней подъ угломъ въ $66\frac{1}{2}$ градусовъ, такъ что между экваторомъ $ж$ и эклиптикой AB образуется уголъ въ $23\frac{1}{2}$ градуса. Вообразимъ изъ центра земли прямую OM подъ прямымъ угломъ (перпендикулярную) къ эклиптикѣ AB . Тогда между земною осью ON (или осью міра) и линіей OM образуется уголъ также въ $23\frac{1}{2}$ градуса. Когда земля, сдѣлавши полный оборотъ вокругъ солнца,

вернется через годъ въ точку O , земная ось OP не будетъ уже въ прежнемъ положеніи, но займетъ новое положеніе, описывая вокругъ линіи OM поверхность конуса OPP , такъ что между прежнимъ и новымъ положеніемъ, OP и OP_1 , образуется уголъ въ 50 секундъ. Но при этомъ уголъ между OP и OM не измѣняется. Съ каждымъ годомъ положеніе земной оси будетъ измѣняться на незначительный уголъ въ 50 сек.; и

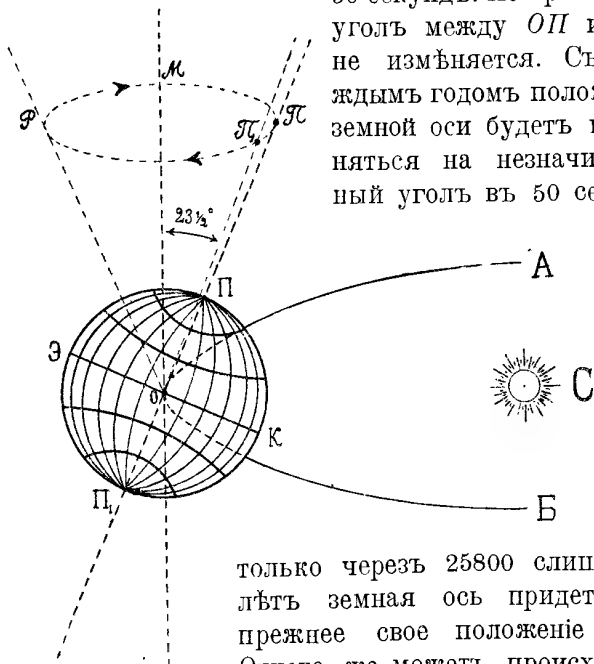


Рис. 113. Движеніе земной оси.

только черезъ 25800 слишкомъ лѣтъ земная ось придетъ въ прежнее свое положеніе OP . Отчего же можетъ происходить такое коническое колебаніе земной оси?

Чтобы хотя нѣсколько пояснить это, припомнимъ вращеніе обыкновеннаго волчка. Если волчокъ хорошо выточенъ и уравновѣшенъ относительно своей оси вращенія OP (рис. 114), то онъ будетъ вращаться по поверхности стола AB такъ, что ось будетъ всегда занимать положеніе OM , перпендикулярное къ AB . Но

если наклонить ось вращающагося волчка, прилѣпивъ, на примѣръ, на его экваторъ $ж$ кусочекъ воска, то ось его будетъ описывать поверхность конуса вокругъ отвѣсной линіи OM , причемъ движеніе оси будетъ гораздо медленнѣе вращенія волчка.

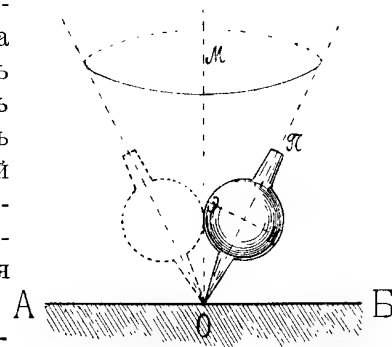


Рис. 114.

То же самое, какъ объяснилъ Ньютонъ, должно происходить съ земнымъ шаромъ. Земля не точный шаръ; она приплюснута у полюсовъ и имѣетъ видъ, изображенный (грубо) на рис. 115. Разстояніе отъ центра до полюса OP на 20 почти верстъ короче разстоянія отъ центра до экватора OQ . Если внутри земли мысленно вырѣзать шаръ радиусомъ OP , то вокругъ земли получится какъ бы

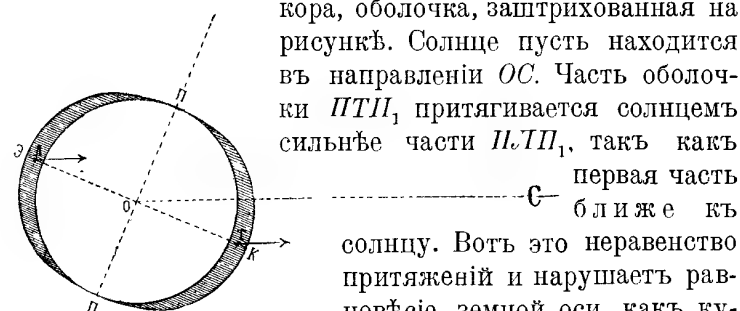


Рис. 115. Причина движенія земной оси.

кора, оболочка, заштрихованная на рисункѣ. Солнце пусть находится въ направленіи OC . Часть оболочки $ПТП_1$, притягивается солнцемъ сильнѣе части $П_1П_1$, такъ какъ первая часть ближе къ солнцу. Вотъ это неравенство притяженій и нарушаетъ равновѣсіе земной оси, какъ кусочекъ воска въ опытѣ съ волчкомъ, и заставляетъ земную ось описывать поверхность конуса. Нужно замѣтить еще,

что подобное же, но болѣе сильное вліяніе оказываетъ на земную ось луна, которая почти въ 400 разъ ближе къ землѣ, чѣмъ солнце.

Что же произойдетъ вслѣдствіе коническаго вѣкового движенія земной оси? Какъ мы его замѣтимъ на звѣздномъ небѣ? Получатся два главныхъ слѣдствія. Первое изображено на рис. 116. Здѣсь III_1 есть земная ось, $ЭК$ — небесный экваторъ, $ЛТ$ — эклиптика, $ОМ$ — линия, перпендикулярная къ эклиптикѣ. Если ось земли III_1 будетъ описывать поверхность конуса вокругъ линии $ОМ$, такъ что взаимное наклоненіе этихъ линій все время остается то же самое ($23\frac{1}{2}$ градуса), то равноденственныя точки γ и ϖ будутъ передвигаться по эклиптикѣ $ЛТ$ въ томъ же направленіи (отъ востока къ западу) и черезъ 25800 слишкомъ лѣтъ только будутъ возвращаться въ прежнее свое положеніе. Поэтому будутъ измѣняться и прямыя восхожденія звѣздъ, считаемыя отъ точки γ . Кромѣ того, такъ какъ точка γ передвигается по эклиптикѣ навстрѣчу годовому движенію земли, то земля будетъ возвращаться къ положенію весенняго равноденствія раньше, чѣмъ къ одной и той же точкѣ своей орбиты, а солнце будетъ возвращаться (въ своемъ кажущемся движеніи) къ точкѣ γ раньше, чѣмъ къ одной и той же звѣздѣ. Вотъ почему явленіе и было названо предвареніемъ (предупрежденіемъ) равноденствій. Поэтому для построенія календаря приходится брать за продолжительность года величину меньшую, чѣмъ время полного оборота земли вокругъ солнца, а именно, календарный годъ долженъ содержать $366 \frac{2422}{10000}$ звѣздныхъ сутокъ или $365 \frac{2422}{10000}$ среднихъ солнечныхъ сутокъ, полный же оборотъ земли содержать $365 \frac{2564}{10000}$ среднихъ сутокъ. Другое слѣдствіе движенія земной оси также весьма любопытно. Такъ какъ зем-

ная ось описываетъ поверхность конуса, то полюсъ міра, т.-е. та кажущаяся точка, въ которой ось пересѣкаетъ небосводъ, должна описывать на небѣ кругъ радіусомъ, равнымъ дугѣ въ $23\frac{1}{2}$ градуса. Слѣдовательно, около полюса въ теченіе длиннаго періода въ 25800 лѣтъ должны оказываться различныя звѣзды, и потому полярными въ раз-

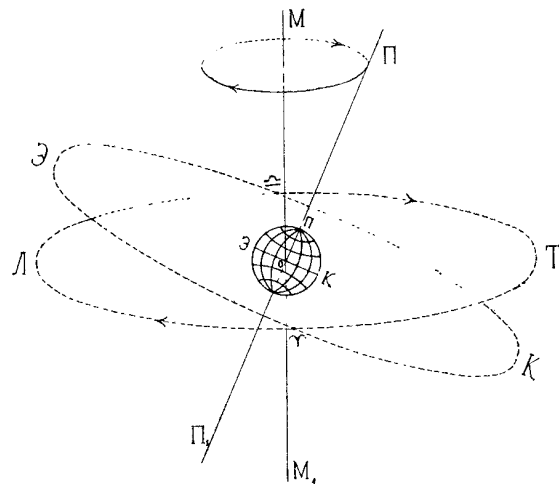


Рис. 116. Движеніе равноденственныхъ точекъ.

личныя времена должны быть различныя звѣзды. Такъ оно и есть на самомъ дѣлѣ. Во времена Гиппарха наша полярная звѣзда была далека отъ полюса, приблизительно въ 25 градусахъ отъ него, тогда какъ теперь она находится только на разстояніи $1\frac{1}{4}$ градуса отъ полюса. Тогда полярною звѣздой была не α Малой Медвѣдницы, но α Дракона. Черезъ 12 тысячъ лѣтъ, въ 14000 году полярною будетъ прекрасная звѣзда Вега въ созвѣздіи Лиры, которая теперь находится на разстояніи около 50 градусовъ отъ полюса.

Это вѣковое движеніе полюса міра изображено на рисункѣ 117; полюсъ движется по кругу вокругъ нѣкоторой точки, называемой полюсомъ эклиптики (это конецъ линіи *ОМ* рисунка 116).

Итакъ, календарный годъ долженъ содержать $365 \frac{2422}{10000}$ среднихъ солнечныхъ сутокъ или около **365 сут. 5 час. 48 мин. 46 сек.** Прежде не знали точной продолжительности года и до временъ Юлія Цезаря, римскаго императора, считали годъ большею частью по движенію луны. Новолуніе возвращается черезъ $29\frac{1}{2}$ среднихъ сутокъ (см. бес. III, стр. 12). Брالی 12 лунныхъ мѣсяцевъ, попеременно по 29 и по 30 сутокъ, и составляли годъ въ 354 дня. Конечно, такой календарь не согласовался съ теченіемъ временъ года и уходилъ впередъ на 11 сутокъ ежегодно. Равноденствіе постепенно переходило въ разные мѣсяцы года. Получалась путаница, которую въ древнемъ Римѣ брались исправлять римскіе жрецы, вставляя по своему усмотрѣнію лишніе мѣсяцы. Наконецъ, путаница стала такъ велика и неудобна для государственной жизни, что Юлій Цезарь незадолго до Р. Х. вызвалъ въ Римъ александрійскаго математика Созигена для исправленія календаря. Созигенъ принялъ продолжительность года въ $365\frac{1}{4}$ сутокъ или 365 сут. 6 часовъ, и такимъ образомъ установился такъ называемый юліанскій или старый стиль лѣтосчисления. Въ гражданской жизни годъ считался ровно въ 365 сутокъ, а остающіяся четверти сутокъ, которыя черезъ 4 года накапливались до полныхъ сутокъ, прибавлялись въ високосномъ году къ февралю мѣсяцу (29 дней вмѣсто 28). Годъ Рождества Христова считается високоснымъ, поэтому високосными были 4, 8, 12 и т. д. года по Р. Х., т. е. всѣ года, числа которыхъ дѣлятся нацѣло на 4. Равноденствіе во времена Юлія Цезаря падало на 24 марта.

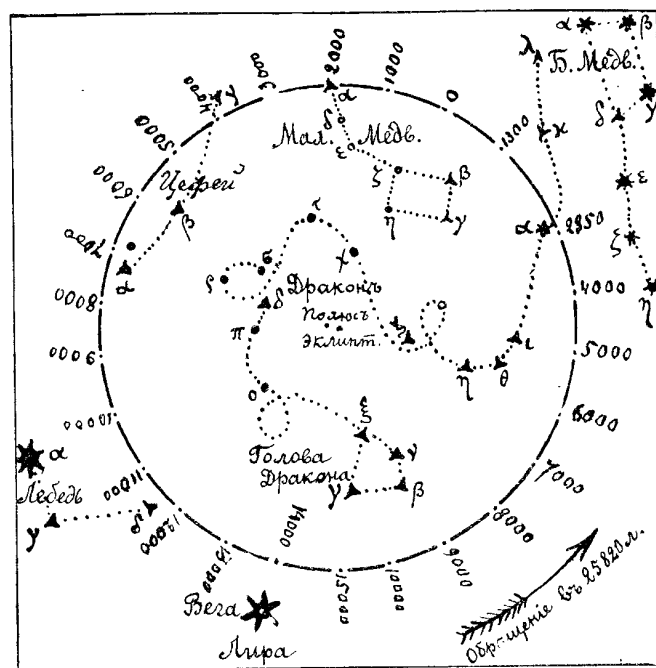


Рис. 117. Вѣковое перемѣщеніе полюса міра вокругъ полюса эклиптики.

Ясно, что Созигеновъ календарь не былъ точнымъ. Годъ былъ принятъ на 11 мин. 14 сек. или на $\frac{78}{10000}$ года длиннѣе, чѣмъ слѣдовало ($\frac{1}{4}$ содержитъ $\frac{2500}{10000}$, что на $\frac{78}{10000}$ больше дроби $\frac{2422}{10000}$). Календарь отставалъ отъ теченія временъ года, и въ 128 лѣтъ это отставаніе достигало цѣлыхъ сутокъ (надо 10000 раздѣлить на 78). Поэтому, когда въ 325 году собрался вселенскій церковный соборъ въ Никее, календарь разошелся съ временами года уже на трое почти сутокъ, и равноденствіе наступало уже не 24, а 21 марта.

Отцы церкви и постановили начинать весну 21 марта, но причины ошибки календаря не устранили. Такъ шло дѣло до конца 16-го вѣка, когда римскимъ папой сталъ Григорій XIII. Онъ рѣшилъ исправить календарь. Къ тому времени ошибка накопилась уже до 10 сутокъ, равноденствіе падало уже на 11 марта. Папа вызвалъ въ Римъ изъ Калабріи математика Лиліо и съ его помощью измѣнилъ календарь. Лиліо предложилъ поступить такъ. Въ юліанскомъ счисленіи цѣлыя сутки накаплиются въ 128 лѣтъ, значить, въ 400 лѣтъ накапливается немного больше трехъ сутокъ. Нужно поэтому выкинуть изъ юліанскаго счета трое сутокъ въ каждыя 400 лѣтъ, и тогда получится болѣе точный календарь. Способъ для этого былъ придуманъ такой: года столѣтій 1600, 1700, 1800, 1900, 2000 и т. д. въ юліанскомъ стилѣ всѣ високосные, а въ новомъ стилѣ не всѣ; именно, високосные только 1600, 2000, 2400 и т. д., т.-е. такіе, у которыхъ число сотенъ (16, 20, 24) дѣлится на 4, прочіе года простые. Тогда какъ разъ изъ 400 лѣтъ будутъ выкинуты трое сутокъ. Трое сутокъ на 400 лѣтъ составляютъ $\frac{3}{400}$ доли сутокъ на одинъ годъ; значить, продолжительность года въ новомъ стилѣ равна $365 \frac{2500}{10000}$ безъ $\frac{75}{10000}$ ($\frac{3}{400} = \frac{75}{10000}$) или $365 \frac{2425}{10000}$ суткамъ. Разница отъ истинной продолжительности года ($365 \frac{2422}{10000}$) выходитъ только $\frac{3}{10000}$, и одинъ сутки накаплиются только въ 3300 слишкомъ лѣтъ. Чтобы вернуть весеннее равноденствіе къ 21 марта, папа Григорій XIII приказалъ во всѣхъ католическихъ земляхъ считать вмѣсто 5 октября 1582 года 15 октября. Новый стиль былъ названъ грегорианскимъ. Онъ теперь принятъ всюду въ цивилизованныхъ странахъ Европы и Америки, кромѣ Россіи, гдѣ еще остается юліанскій календарь. Мы теперь отстали отъ западно-европей-

скаго календаря уже на 13 сутокъ, и будетъ время, когда нашъ календарь будетъ начинать весну въ февралѣ, а не въ мартѣ, потомъ въ январѣ и т. д.

Такъ была рѣшена многовѣковая задача объ измѣреніи времени. Вмѣстѣ съ нею постепенно разрѣшился точно и вопросъ объ опредѣленіи положеній мѣстъ на земной поверхности. Какъ извѣстно, поло-

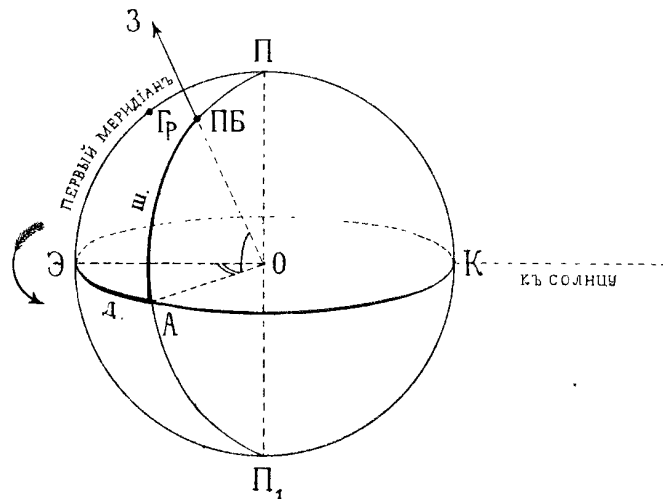


Рис. 118. Долгота и широта.

женіе мѣста на поверхности земного шара опредѣляется его долготой и широтой. Черезъ данное мѣсто, напримѣръ, Петербургъ (см. рис. 118, мѣсто ПБ), и полюсы земли П и П₁ проводятъ меридіанъ мѣста ППБП₁. Пусть онъ пересѣчетъ экваторъ ЭК въ точкѣ А. Нѣкоторый другой меридіанъ ПЭП₁, проходящій, скажемъ, черезъ Гриничъ (главная англійская обсерваторія близъ Лондона) принимаютъ за первый меридіанъ. Тогда дуга меридіана АПБ между экваторомъ

и даннымъ мѣстомъ будетъ широта мѣста, а дуга экватора $ЭА$ между первымъ меридіаномъ и мѣстнымъ меридіаномъ будетъ долгота мѣста. Широта считается къ сѣверу и къ югу отъ экватора (сѣверная и южная), а долгота — къ востоку и къ западу отъ перваго меридіана (восточная и западная). Для опредѣленія долготы нужно знать только, сколько времени въ данный моментъ считают на мѣстномъ и на первомъ меридіанѣ. Время это будетъ различно, такъ какъ вслѣдствіе вращенія земли съ запада на востокъ полдень наступаетъ на восточныхъ меридіанахъ раньше, чѣмъ на западныхъ. Эта разница времени и опредѣляетъ долготу. Напримѣръ, когда въ Петербургѣ полдень, въ Гриничѣ считают только 9 час. 58 мин. 47 сек. утра. Значитъ, Петербургъ имѣетъ восточную долготу отъ Гринича, равную 2 часамъ 1 мин. 13 сек. во времени или 30 градусамъ 18 мин. 15 сек. въ дугѣ. Теперь опредѣленіе долготъ мѣстъ производится наиболѣе точно по телеграфу. Два наблюдателя опредѣляютъ въ одинъ и тотъ же моментъ по наблюденіямъ звѣздъ или солнца звѣздное или среднее время на своихъ меридіанахъ, провѣряютъ свои часы и передаютъ найденныя времена другъ другу по телеграфу. Существуютъ и другіе способы для опредѣленія долготы.

Если на рис. 118 проведемъ отвѣсную линію мѣста $ПВ$ (въ центръ земли) $ОЗ$, то увидимъ, что широта $АПВ$ измѣряетъ уголъ между отвѣсной линіей и плоскостью экватора (на рис. этотъ уголъ отчеркнуть одной чертой). Взглянувъ теперь на рис. 106, мы увидимъ, что этотъ же уголъ на сферѣ измѣряется дугой $ЗЭ$ (по меридіану) отъ зенита даннаго мѣста до экватора. Мы знаемъ, какъ опредѣлить эту дугу (см. стр. 257); значитъ, знаемъ теперь, и какъ

опредѣляется широта мѣста. Дуга $ЭЗ$ на рис. 106 равна дугѣ $ПС$, т.е. высотѣ полюса міра надъ горизонтомъ (такъ какъ дуга $ЮЗ$ равна дугѣ $ЕП$ — обѣ по 90 градусовъ). Значитъ, можно сказать, что широта мѣста всегда равна высотѣ полюса міра. Высоту же полюса міра надъ горизонтомъ трудно опредѣлить съ точностью до одного градуса,

напримѣръ, по высотѣ Полярной звѣзды, такъ какъ Полярная находится всего въ $1\frac{1}{4}$ градуса отъ полюса. Для этой цѣли можетъ служить весьма простой инструментъ, изображенный на рис. 119. Это четверть круга (квадрантъ), окружность котораго раздѣлена на 90 градусовъ. На одной изъ сторонъ прямого угла прикрѣплены двѣ равной высоты булавки съ маленькими отверстиями на верхнихъ концахъ. Въ центрѣ повѣшенъ отвѣсъ.

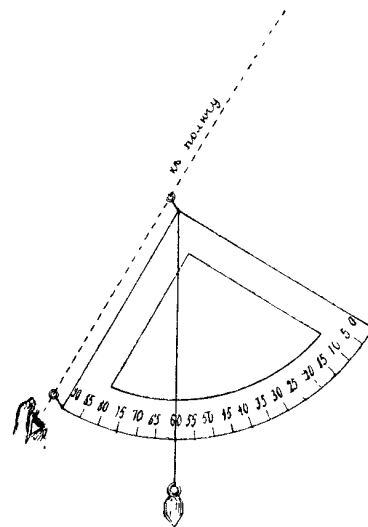


Рис. 119. Опредѣленіе широты мѣста.

Если направить линію двухъ булавочныхъ отверстій на Полярную, причемъ квадрантъ надо держать по отвѣсу дѣленіемъ 90 къ себѣ, то отвѣсъ укажетъ число градусовъ, равное высотѣ Полярной, т.е. приблизительно широтѣ мѣста. Еще точнѣе будетъ измѣреніе, если мы будемъ знать моменты кульминацій Полярной звѣзды, т.е. моменты, когда она находится на меридіанѣ. Если въ этотъ моментъ ея высота опредѣлена точно, то высоту полюса

получимъ, прибавляя (если кульминація нижняя) или отнимая (если кульминація верхняя) $1\frac{1}{4}$ градуса отъ высоты Полярной. Конечно, такимъ грубымъ приборомъ, какъ квадрантъ, нельзя опредѣлить широту мѣста точно, чѣмъ до одного градуса. Моменты кульминацій Полярной даются въ «Русскомъ Астрономическомъ Календарѣ» на каждый годъ (перемѣнная часть).

Мы видимъ теперь, къ рѣшенію какихъ важныхъ и полезныхъ задачъ привело наблюдение движенія звѣздъ. И было время, когда рѣшеніемъ этихъ задачъ исчерпывалось все содержаніе астрономіи. Далѣе, какъ мы видѣли въ бесѣдѣ V, изученіе движеній планетъ привело къ созданію цѣлаго астрономическаго ученія Птолемея, которое уступило мѣсто болѣе правильному ученію Коперника, а послѣднее постепенно превратилось въ стройное, величественное зданіе планетной механики — науки о движеніи планетъ и вообще небесныхъ свѣтилъ, подчиненныхъ въ своемъ движеніи закону всеобщаго тяготѣнія. Изученіе движеній планетъ и созданіе планетной механики было бы невозможно, если бы не были рѣшены разобранные нами выше основныя задачи астрономіи, не были внимательно изучены кажущееся суточное движеніе звѣздъ и годовое движеніе солнца. Что же такое звѣзды, изученіе движеній которыхъ принесло столько пользы людямъ?

Было время, когда звѣзды считались блестящими точками хрустальной небесной сферы. Еще лѣтъ 50 назадъ на поставленный выше вопросъ можно было отвѣтить только, что звѣзды — громадныя свѣтила, удаленныя отъ насъ на такія разстоянія, что кажутся намъ свѣтящимися точками. И только въ 1859 году оказалось возможнымъ путемъ наблюдений подтвердить великую мысль Джордано Бруно о томъ, что звѣзды — солнца и что въ неизмѣримыхъ безднахъ пространства

мы должны представлять себѣ миллионы міровъ, подобныхъ нашей планетной системѣ.

Первое подтвержденіе мысли Бруно о природѣ звѣздъ получилось тогда, когда научились измѣрять ихъ разстоянія. Изъ бесѣды III о лунѣ мы знаемъ, что для опредѣленія разстоянія до недоступнаго предмета (см. стр. 8) нужно измѣрить на землѣ опредѣленное разстояніе (базисъ) и съ концовъ его измѣрить углы, заключенные между базисомъ и направленіями на предметъ; послѣ этого нетрудно узнать, во сколько разъ разстояніе отъ одного конца базиса до предмета больше длины базиса. Чѣмъ дальше предметъ, тѣмъ больше нужно брать базисъ. Для звѣздъ базисъ выходитъ такъ великъ, что не хватаетъ даже поперечника земного шара (12 тыс. верстъ): съ концовъ такого базиса не усматривается никакой разницы въ направленіяхъ на звѣзду. Базисомъ пришлось взять самое большое разстояніе, какое только доступно наблюдателю на землѣ, — поперечникъ земной орбиты, содержащій 280 миллионовъ верстъ. Но даже и этого базиса оказалось большею частью недостаточно. Въ первый разъ разстояніе до звѣзды опредѣлили знаменитый нѣмецкій ученый — творецъ современной практической астрономіи Фридрихъ Бес-



Рис. 120. Ф. Бессель.

сель (1784—1846). Онъ довелъ точность измѣреній угловъ до $\frac{1}{10}$ секунды дуги и опредѣлилъ въ 1829 г. разстояніе звѣзды 61 въ созвѣздіи Лебеда. Чтобы понять сущность способа, которымъ пользовался Бессель, предположимъ для простоты, что звѣзда находится въ плоскости орбиты земли AB (рис. 121), и мы наблюдаемъ ее съ противоположныхъ точекъ орбиты A и B (напримѣръ, 1 января и 1 июля); нужно постараться уловить, если только возможно, незначительную разницу въ направленіяхъ AZ и BZ на звѣзду въ два момента. Для этой цѣли выбираютъ звѣзду E , разстояніе которой недоступно измѣренію, т.-е. такую, что направленія на нее съ A и съ B (AE и BE) оказываются для насъ параллельными, и измѣряютъ углы EAZ и EBZ . Разность этихъ угловъ и выразить разницу въ направленіяхъ AZ и BZ или, иначе, уголъ AZB , подъ которымъ со звѣзды виденъ діаметръ земной орбиты. Половина этого угла называется у астрономовъ параллаксомъ звѣзды. Для 61 Лебеда параллаксъ, по новѣйшимъ измѣреніямъ, оказался меньше $\frac{1}{2}$ секунды дуги; этому параллаксу отвѣчаетъ такое огромное разстояніе, которое свѣтъ проходитъ только въ 7 лѣтъ. Самое близкое разстояніе въ 4 «свѣтовыхъ года» получилось для звѣзды α Центавра (въ южномъ полушаріи неба); ея параллаксъ оказался всего въ $\frac{3}{4}$ секунды. Послѣ цѣлаго ряда такого рода труднѣйшихъ измѣреній, требовавшихъ большого искусства, астрономы нашли, что только нѣсколько десятковъ звѣздъ обладаютъ параллаксомъ между $\frac{1}{10}$ и $\frac{3}{4}$ секунды. О разстояніяхъ же другихъ звѣздъ мы можемъ судить только предположительно, такъ какъ ихъ параллаксы меньше $\frac{1}{10}$ секунды, а разстоянія больше 2062650 солнечныхъ разстояній (больше 30 «свѣтовыхъ годовъ»). Мы можемъ предположить, напримѣръ, что каждая звѣзда

испускаетъ одинаковое съ прочими количество свѣта и что различная яркость звѣздъ зависитъ только отъ разстоянія (яркость обратно пропорціональна квадрату разстоянія, т.-е. если разстояніе увеличить вдвое, яркость уменьшается вчетверо (2×2), если разстояніе увеличить втрое, яркость уменьшается въ девять разъ (3×3), и т. д.). Тогда, взявъ за единицу среднее разстояніе звѣздъ первой величины, напр., α Центавра, Сиріуса, Веги и др., и зная, что звѣзда слѣдующей величины свѣтитъ въ $2\frac{1}{2}$ раза менѣе ярко, чѣмъ звѣзда предыдущей величины, сможемъ вычислить предположи-

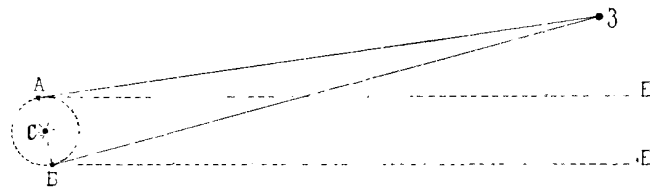


Рис. 121. Опредѣленіе звѣздныхъ разстояній.

тельные или, какъ говорятъ, гипотетическія разстоянія звѣздъ различныхъ величинъ. Конечно, выводъ будетъ далеко не вполне вѣрный, но если принять въ расчетъ миллионы звѣздъ, извѣстныхъ намъ, то въ среднемъ, въ общемъ мы будемъ не слишкомъ далеки отъ истины, хотя въ частныхъ случаяхъ всегда будутъ возможны ошибки, даже крупныя. Напримѣръ, звѣзда 61 Лебеда 7-й величины оказалась гораздо ближе Сиріуса и многихъ другихъ звѣздъ первой величины. Но во всякомъ случаѣ мы теперь знаемъ увѣренно, что размѣры звѣзднаго міра громадны и измѣряются, вѣроятно, тысячами свѣтовыхъ лѣтъ.

Далѣе обнаружилось, что большинство звѣзд имѣютъ собственныя движенія. Оказалось, что звѣзды съ теченіемъ времени измѣняютъ свое положеніе на небосводѣ, но разстоянія ихъ такъ громадны, что мы въ цѣлыя тысячелѣтія не замѣчаемъ такихъ перемѣнъ. Самое быстрое движеніе наблюдалось лишь въ 8 секундъ дуги за годъ. При громадномъ разстояніи звѣзды это должно давать скорость до 300—400 верстъ въ секунду.

Подробное изученіе собственныхъ движеній звѣздъ привело къ весьма важному и интересному открытію. (Оказалось, что солнце (тоже одна изъ звѣздъ) со всѣми движущимися вокругъ него планетами летитъ со скоростью около 20 верстъ въ секунду по направленію къ созвѣздію Лиры. Открыли это такъ. Изученіе собственныхъ движеній звѣздъ показало, что движенія эти совершаются со всевозможными скоростями и по всевозможнымъ направленіямъ. Такимъ образомъ нужно признать, что звѣзды движутся въ пространствѣ совершенно независимо другъ отъ друга, подобно частицамъ свободно расширяющагося газа, причемъ вѣроятность встрѣчи двухъ звѣздъ весьма мала, неизмѣримо меньше, чѣмъ двухъ частицъ газа, такъ какъ разстоянія между звѣздами громадны. Эти невообразимо быстрыя движенія и поддерживаютъ нынѣшнее существованіе звѣзднаго міра. Если бы ихъ не было, то всѣ звѣзды давно уже должны были бы притянуться къ нѣкоторой общей точкѣ—общему центру тяжести, и вся звѣздная система разрушилась бы, слившись въ одну громадную звѣзду-солнце. Допустить, что звѣзды движутся вокругъ какого-нибудь общаго центра, общаго солнца, мы также не можемъ: это свѣтило должно было бы быть такъ громадно, чтобы управлять движеніями такой быстроты, что его вліяніе непременно было бы

нами замѣчено. Значитъ, звѣзды движутся независимо другъ отъ друга. А разъ это такъ, то, складывая, по правиламъ сложенія движеній, движенія всѣхъ звѣздъ, мы должны получить тотъ результатъ, что движенія эти другъ друга уравниваютъ, такъ что если всѣ ихъ присвоить одной какой-нибудь точкѣ, то точка останется въ покоѣ. Такъ, на примѣръ, если на точку O (рис. 122) дѣйствуютъ три равныя толчка подъ равными углами (въ 120 градусовъ) другъ къ другу и сообщаютъ точкѣ заразъ три равныя скорости OA , OB и OC , то точка останется въ покоѣ. А именно, если бы на точку O вліяли только два движенія OA и OB , то точка пошла бы вдоль по діагонали OM параллелограмма $OAMB$ со сторонами OA и OB , и ея скорость была бы равна

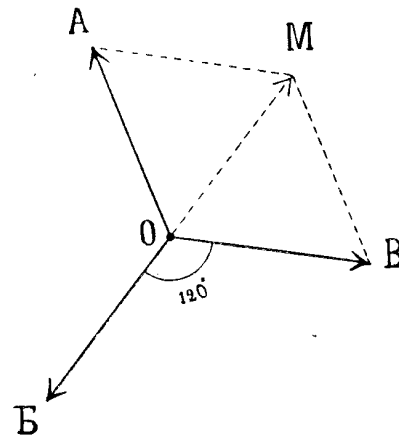


Рис. 122.

OM . Но въ случаѣ, взятомъ нами, OM будетъ равно OB и направлено прямо противоположно OB . Поэтому скорости OM и OB уравниваются другъ друга, и точка останется въ покоѣ. И вотъ, при подобномъ же сложении движеній многихъ тысячъ звѣздъ около одной точки оказалось, что точка не останется въ покоѣ, но будетъ двигаться со скоростью около 20 верстъ въ секунду въ направленіи, противоположномъ тому, которое идетъ отъ нашего солнца къ созвѣздію Лиры. Такой результатъ могъ получиться только потому, что

само наше солнце движется по направленію къ созвѣздію Лиры съ тою же скоростью; мы не замѣчаемъ этого движенія, такъ какъ сами въ немъ участвуемъ и переносимъ его на звѣзды. Несмотря на громадную скорость, съ которою мы движемся къ созвѣздію Лиры, мы не замѣчаемъ въ расположеніи его звѣздъ никакихъ перемѣнъ, хотя съ каждымъ своимъ словомъ, шагомъ, съ каждымъ днемъ приближаемся къ нему на десятки, сотни, тысячи, миллионы верстъ. Такъ громадно разстояніе до звѣздъ Лиры. Потребовалось бы нѣсколько миллионовъ лѣтъ, чтобы замѣтить перемѣну во внѣшнемъ видѣ созвѣздія.

Такимъ образомъ изъ астрономіи понемногу исчезло понятіе о неизмѣнности звѣзднаго міра; онъ оказался подверженнымъ такимъ же перемѣнамъ, какъ и все на свѣтѣ, только мы съ нашей земли не замѣчаемъ этихъ перемѣнъ въ теченіе тысячъ лѣтъ по причинѣ ихъ кажущейся медленности.

Однако, болѣе полное понятіе о природѣ звѣздъ получилось только послѣ того, какъ къ наблюденіямъ въ телескопъ былъ приспособленъ еще спектроскопъ (см. бесѣду IV, стр. 87). Спектры звѣздъ оказались подобными спектру солнца: въ нихъ также были обнаружены темныя фраунгоферовы линіи. Эти линіи показываютъ, что подобно солнцу звѣзды суть сильно раскаленные газообразныя тѣла, окруженныя болѣе холодною оболочкой; эта оболочка поглощаетъ нѣкоторые лучи спектра и производитъ темныя линіи. Спектры звѣздъ оказались различныхъ видовъ, и любопытно то, что удалось установить связь между цвѣтомъ звѣзды и видомъ (типомъ) ея спектра. Оказалось, что голубовато-бѣлыя и бѣлыя звѣзды (Вега, Ригель и еще нѣсколько Оріоновыхъ звѣздъ, Сиріусъ, Спика, Прокіонъ, Альтаиръ, Альголь и др.) даютъ

спектръ, въ которомъ сильна фіолетовая часть и слаба красная; фраунгоферовы линіи иногда вмѣсто темныхъ оказываются свѣтлыми, т.-е. болѣе свѣтлыми, чѣмъ окружающіе цвѣта спектра. Это доказываетъ, что голубовато-бѣлыя и бѣлыя звѣзды суть свѣтила наиболѣе раскаленные. Слѣдующій типъ спектра такой, въ которомъ фіолетовая и желтая части одинаковой силы, какъ у солнца. Его даютъ желтоватыя и желтыя звѣзды (Капелла, Арктуръ и др.). Строеніе этихъ звѣздъ нужно признать весьма близкимъ къ строенію солнца. Наконецъ, красныя звѣзды (Альдебаранъ, Антаресъ, Дивная въ созвѣздіи Кита и множество такъ называемыхъ перемѣнныхъ звѣздъ) даютъ спектръ съ совершенно слабой фіолетовой частью и съ широкими темными полосами. Это потухающія, охлажденные свѣтила. Между указанными рѣзкими типами звѣздныхъ спектровъ существуетъ рядъ переходныхъ ступеней, и по нимъ можно представить себѣ ходъ развитія и потуханія звѣзды. Если мы начнемъ съ самой раскаленной ступени, съ звѣзды голубовато-бѣлаго цвѣта, то можемъ представить себѣ, что вначалѣ высокая температура внутренней массы газовъ и паровъ мѣшаетъ быстрому охлажденію поверхности звѣзды; болѣе охлажденные частицы на поверхности дѣлаются болѣе тяжелыми, опускаются къ центру звѣзды и отсюда, вслѣдствіе сильнаго нагрѣванія, выталкиваются снова наверхъ. Такимъ образомъ происходитъ, при помощи нисходящихъ и восходящихъ газовыхъ токовъ, постоянный обмѣнъ между поверхностью и ядромъ звѣзды, что и мѣшаетъ поверхности быстро охладиться. Но постепенно звѣзда уплотняется, ея вещество ступается вслѣдствіе потери тепла въ пространство; движеніе токовъ замедляется, и поверхность начинаетъ охлаждаться сильнѣе. Насту-

пасть время желтаго цвѣта звѣзды, когда въ спектрѣ ея во всѣхъ частяхъ появляются темныя линіи. Охлажденіе подвигается впередъ, звѣзда начинаетъ испускать преимущественно красныя лучи спектра, и тогда въ спектрѣ оказываются широкія темныя полосы, указывающія на сильное охлажденіе газовъ, составляющихъ оболочку звѣзды.

Самымъ интереснымъ и важнымъ выводомъ «спектральнаго анализа» нужно считать установленіе единства вещества во вселенной. Многія линіи въ спектрахъ звѣздъ принадлежатъ веществамъ, хорошо знакомымъ намъ на землѣ. Какъ и въ спектрѣ солнца, найдены линіи водорода, гелія, желѣза, кальція (составной элементъ извести), магнія, натрія и другихъ веществъ. Такимъ образомъ, наконецъ, вполнѣ оправдалась мысль, гениально отгаданная Бруно. Звѣзды дѣйствительно оказались солнцами и должны проходить тѣ же ступени развитія теплоты и свѣта, что и солнце, переходя постепенно отъ одной ступени къ другой, превращаясь постепенно въ охлажденные темныя тѣла, подобныя землѣ.

Что въ неизмѣримыхъ глубинахъ пространства существуютъ и темныя свѣтила, это доказывается наблюденіями надъ переменными звѣздами. Первую такого рода звѣзду открылъ въ 1596 году Даніилъ Фабриціусъ. Это была Дивная въ созвѣздіи Кита (обозначается она буквой γ). Дивная измѣняетъ свой блескъ очень неправильно въ теченіе приблизительно одиннадцати мѣсяцевъ: она то блеситъ, какъ звѣзда третьей величины, то почти исчезаетъ для невооруженнаго глаза. Впослѣдствіи открыли еще нѣсколько сотенъ звѣздъ такого же типа. Всѣ онѣ краснаго цвѣта и представляютъ собою, очевидно, потухающія свѣтила, на которыхъ, вѣроятно, по временамъ по-

являются громадныя и многочисленныя темныя пятна. Но для насъ сейчасъ болѣе интересны переменныя звѣзды другого типа—звѣзды, правильно измѣняющія свой блескъ. Самый доступный и любопытный примѣръ этого рода представляетъ звѣзда Альголь, или β въ созвѣздіи Персея. Двое сутокъ и 11 часовъ эта звѣзда сіяетъ, какъ звѣзда второй величины, затѣмъ въ теченіе $4\frac{1}{2}$ часовъ ея блескъ постепенно померкаетъ до третьей величины, а потомъ снова въ теченіе $4\frac{1}{2}$ часовъ усиливается до второй величины. Такія замѣчательно правильныя измѣненія блеска можно объяснить только слѣдующимъ предположеніемъ. Вокругъ звѣзды долженъ двигаться крупный темный спутникъ, который, проходя между нашимъ глазомъ и звѣздой, на 9 часовъ нѣсколько закрываетъ ее и уменьшаетъ количество доходящаго до насъ свѣта. Время обращенія темнаго спутника равно двумъ суткамъ и 20 часамъ. Переменныхъ звѣздъ извѣстно до 500, и наблюденія ихъ даже любителями могутъ имѣть значительную научную цѣнность. Инструкцію къ наблюденіямъ переменныхъ звѣздъ можно найти въ «Путеводителѣ по небу» профессора К. Покровскаго; названія нѣкоторыхъ переменныхъ звѣздъ и характеръ ихъ измѣненій приведены въ «Русск. Астрономическ. Календ.», постоянная часть.

Существованіе темныхъ тѣлъ въ междוזвѣздныхъ пространствахъ доказывается наглядно также внезапнымъ появленіемъ новыхъ звѣздъ. Особенно замѣчательна была звѣзда 1572 года въ созвѣздіи Кассіопеи. Ее наблюдалъ Тихо Браге, и она, повидимому, натолкнула его на пристальное изученіе астрономіи. Она появилась внезапно въ ноябрѣ и сіяла ярче Сириуса, а затѣмъ даже ярче Венеры. Въ декабрѣ она стала потухать и исчезла совсѣмъ въ мартѣ 1574 г. Цвѣтъ ея измѣнился изъ бѣлаго въ желтый и крас-

ный. Подобную же, но менѣе яркую новую звѣзду наблюдалъ Кеплеръ въ 1604—1605 году въ созвѣздіи Змѣеносца. Въ новое время весьма интересной была звѣзда 1901 года въ созвѣздіи Персея, открытая гимназистомъ Борисякомъ въ Кіевѣ. Она появилась въ февралѣ и блистала вскорѣ ярче Капеллы. Послѣ довольно правильныхъ колебаній блеска она постепенно ослабѣла и исчезла къ концу года. Появление новыхъ звѣздъ можно объяснить различными предположеніями: можно предположить, что внезапное появленіе свѣта произошло отъ столкновенія двухъ темныхъ (или слабыхъ по своему свѣту) тѣлъ, или же, быть-можетъ, передъ нами было здѣсь изліяніе внутренней расплавленной массы, прорвавшей уже охлажденную темную кору. Во всякомъ случаѣ, существованіе темныхъ тѣлъ среди звѣздъ вполнѣ очевидно.

Такимъ образомъ въ мірѣ звѣздъ, окружающихъ насъ, должны существовать планетныя системы, подобныя нашей солнечной системѣ. Спросимъ теперь себя, какъ же, по какимъ законамъ совершается движеніе внутри этихъ системъ? Подчинено ли оно, какъ у насъ, закону тяготѣнія? Мы видѣли, что движеніе кометъ и метеорныхъ потоковъ подчиняется этому великому закону. Не теряетъ ли законъ своей силы на неизмѣримыхъ звѣздныхъ разстояніяхъ? Есть ли это дѣйствительно всеобщій законъ? Отвѣтъ на эти вопросы даютъ двойныя звѣзды. Такъ называются звѣзды, которыя невооруженный глазъ не разлагаетъ на двѣ составляющихъ звѣзды, но которыя въ телескопъ оказываются парю звѣздъ, очень близкихъ другъ къ другу. Здѣсь при сужденіи о зрительномъ впечатлѣніи возможна ошибка. Звѣзды на самомъ дѣлѣ могутъ быть очень далеки другъ отъ друга, но казаться близкими потому, что лежатъ почти на одномъ

«лучѣ зрѣнія». Это положеніе двухъ звѣздъ изображено на рисункѣ 123. Подобнаго рода звѣзду представляетъ собою средняя звѣзда ζ въ хвостѣ Большой Медвѣдицы (Мицаръ). Нормальный глазъ всегда различаетъ надъ Мицаромъ маленькую звѣздочку, очень близкую къ нему и названную арабами Алькоромъ. Но разстояніе между звѣздами слишкомъ велико, чтобы между ними могла существовать физическая связь. Физически связанной парой звѣздъ нужно считать только такую, гдѣ звѣзды обладаютъ нѣкоторымъ совместнымъ движеніемъ. Разстояніе такихъ физическихъ двойныхъ звѣздъ бываетъ обыкновенно очень незначительно. Установить физическую связь между парой звѣздъ можно только послѣ долгаго изученія ихъ относительнаго движенія. Тогда оказывается, что обѣ звѣзды описываютъ замкнутыя орбиты вокругъ общаго центра тяжести, или, если одна изъ составляющихъ звѣздъ значительно превосходитъ по массѣ другую, то кажется, что меньшая звѣзда описываетъ орбиту вокругъ большей. Изученіе подобныхъ орбит показало, что движеніе двойныхъ звѣздъ подчинено первому и второму законамъ Кеплера (см. бес. V, стр. 149, 150), т.-е. что звѣзды описываютъ эллипсы вокругъ общаго фокуса, а площади, проходимыя линіей, соединяющей обѣ звѣзды, въ равныя времена, равны между собою. На рисункѣ 124 изображена орбита одной изъ составляющихъ звѣздъ двойной звѣзды γ въ созвѣздіи Дѣвы. Разстояніе между составляющими пары (среднее) равно пяти секундамъ дуги, время оборота около

Рис. 123.
Кажущаяся
двойная
звѣзда.

120 лѣтъ. Движеніе двойныхъ звѣздъ по законамъ Кеплера и доказываетъ, что законъ Ньютона не теряетъ своей силы даже на неизмѣримыхъ звѣздныхъ разстояніяхъ. Оказалось возможнымъ только для нѣсколькихъ двойныхъ звѣздъ измѣрить ихъ разстояніе отъ нашего солнца. Одна изъ такихъ звѣздъ — Сиріусъ или α въ созвѣздіи Большого Пса — самая яркая звѣзда неба. Двойственность Сиріуса была предсказана заранее знаменитымъ Бесселемъ. Изучая собственное движеніе Сиріуса, Бессель нашелъ, что Сиріусъ описываетъ извилистую, а не прямую линію. Такое движеніе Бессель правильно приписалъ той причинѣ, что Сиріусъ — двойная звѣзда, имѣетъ спутника, причемъ обѣ звѣзды описываютъ замкнутыя орбиты вокругъ общаго центра тяжести. Этотъ центръ движется по прямой линіи; складываясь вмѣстѣ, оба движенія, прямолинейное и круговое, и даютъ извилистую линію. Выводъ Бесселя былъ подтвержденъ открытіемъ спутника, которое сдѣлалъ въ 1862 году сынъ знаменитаго современнаго строителя большихъ телескоповъ Альвана Кларка. Спутникъ оказался 14 величины, время обращенія обѣихъ звѣздъ — 52 года, какъ было предвычислено Бесселемъ; разстояніе между звѣздами равно приблиз. 25 радиусамъ земной орбиты, разстояніе ихъ отъ солнца около 625.000 радиусовъ земной орбиты. Отсюда по правиламъ, даннымъ въ бесѣдѣ V, стр. 160, можно вычислить общую массу двухъ звѣздъ Сиріуса. Она выходитъ приблизительно въ шесть разъ больше массы нашего солнца. Подобное предсказаніе было сдѣлано еще для Проціона или α Малаго Пса (разстояніе неизвѣстно). Спутникъ былъ найденъ астрономомъ Шеберле на Ликской обсерваторіи въ Калифорніи въ 1898 году.

Число двойныхъ звѣздъ весьма велико. Существуютъ, какъ показалъ В. Гершель и В. Струве, еще болѣе слож-

ныя звѣздныя системы: тройныя, четверныя и вообще кратныя звѣзды; на примѣръ, ϵ Лиры — четверная звѣзда, θ Ориона также (это такъ называемая трапеція внутри туманности Ориона), σ Ориона — тройная. Движеніе звѣздъ въ такихъ системахъ также несомнѣнно подчинено закону всеобщаго тяготѣнія, но движенія должны быть такъ сложны, что изученіе ихъ не поддается средствамъ современнаго «математическаго анализа». Эти системы совершенно не похожи на нашу солнечную

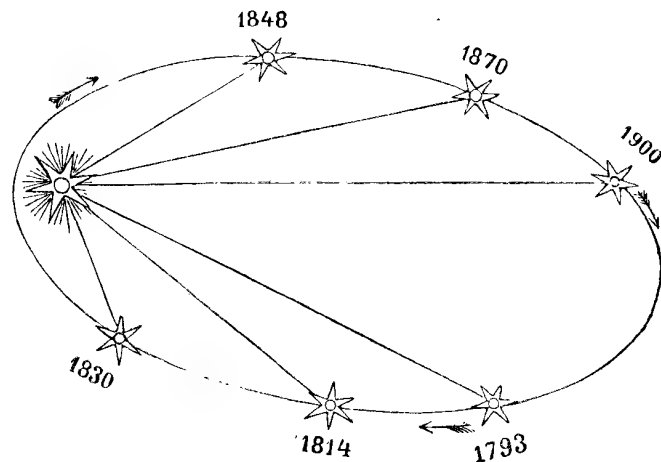


Рис. 124. Орбита γ Дѣвы.

систему. У насъ центральное свѣтило — солнце преобладаетъ надъ всѣми другими тѣлами, превосходя ихъ по массѣ въ 750 разъ (см. бес. V, стр. 166); разстоянія между планетами весьма значительны по сравненію съ ихъ массами. Поэтому вліянія планетъ другъ на друга выходятъ весьма малыми, и движеніе незначительно отступаетъ отъ законовъ Кеплера. Это и дало возможность разрѣшить въ приложеніи къ нашей планетной системѣ знаменитую «задачу о трехъ тѣлахъ» (см. стр. 166). Совершенно иное дѣло системы кратныхъ

звѣздъ. Тамъ движутся солнца, вѣроятно, мало отличающіяся другъ отъ друга по массѣ, и потому движеніе должно быть весьма сложнымъ, такъ что законы Кеплера даже приблизительно не будутъ выражать его.

Еще болѣе сложныя системы представляютъ собою такъ называемыя звѣздныя скопленія или звѣздныя кучи. Самый доступный примѣръ такихъ скопленій— Плеяды (Стожары) въ созвѣздіи Тельца (см. рис. 125). Глазъ различаетъ въ нихъ отъ шести до восьми звѣздъ. Въ телескопъ средней силы ихъ видно

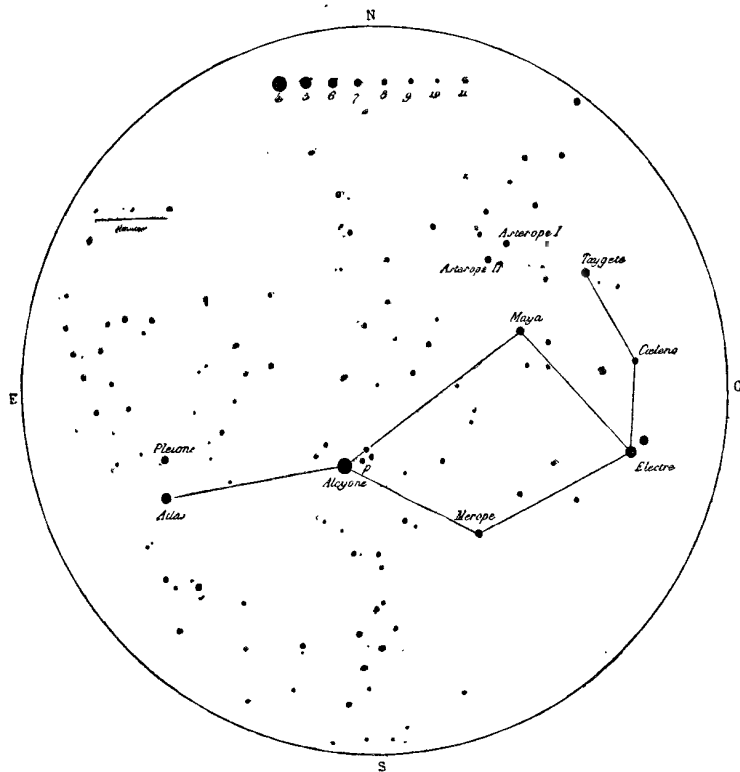


Рис. 125. Плеяды.

уже свыше 200; на фотографіяхъ ихъ можно насчитать тысячи. Плеяды восходятъ у насъ вечеромъ въ сентябрѣ, вскорѣ послѣ заката солнца. Собственное движеніе звѣздъ Плеядъ указываетъ, видимо, на то, что эти звѣзды представляютъ взаимно связанную систему солнцъ. Менѣе ясное, но все-таки видное не вооруженнымъ глазомъ скопленіе есть въ созвѣздіи

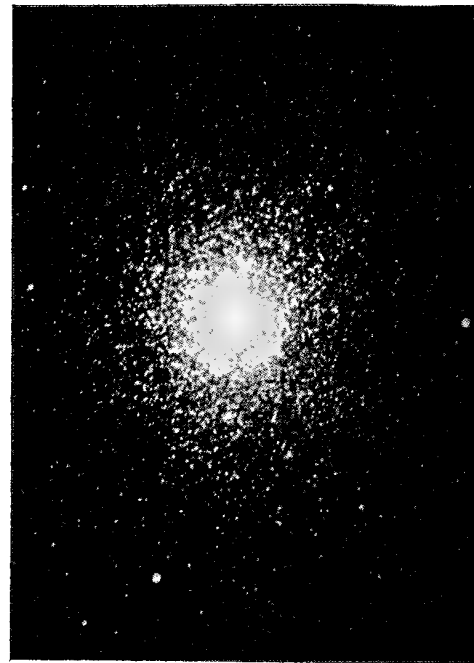


Рис. 126. Звѣздное скопленіе въ Геркулесѣ.

Персея, возлѣ звѣзды γ (по направленію отъ нея къ созвѣздію Кассіопеи). Въ трубу здѣсь видны двѣ красивыя звѣздныя кучи. Достаточно трубы съ отверстіемъ въ три дюйма, чтобы убѣдиться въ удивительной красотѣ этихъ скопленій. Менѣе красивое, болѣе бѣдное звѣздами скопленіе въ созвѣздіи Рака; это Ясли, также видныя невооруженнымъ глазомъ въ видѣ туманнаго пятнышка. Другія звѣздныя скопленія болѣею частью доступны только телескопу. Особенно интересны изъ нихъ шарообразныя скопленія, примѣромъ которыхъ служитъ скопленіе въ созвѣздіи Геркулеса. Фотографія его изображена на рисункѣ 126.

Гершель насчиталъ въ немъ больше десяти тысячъ звѣздъ. Разстояніе до звѣздныхъ скопленій трудно поддается опредѣленію. Но оно несомнѣнно должно быть такъ велико, что наша планетная система съ такого разстоянія не отпечатлѣлась бы ни на одной фотографической пластинкѣ. И существуютъ звѣздныя скопленія, которыя ни одинъ самый могущественный телескопъ не можетъ разложить на отдѣльныя звѣзды; они кажутся туманными пятнами. Такова туманность въ созвѣздіи Андромеды, фотографія которой дана на стр. 101. Хотя эта туманность и не разложима въ телескопъ, мы все-таки знаемъ, что она состоитъ изъ громаднаго скопленія звѣздъ, окруженныхъ еще, быть-можетъ, общей газообразной массой. Къ такому заключенію приводитъ спектроскопическое изслѣдованіе. Спектръ туманности Андромеды — сплошной съ темными линіями, какъ у звѣздъ и солнца. Но не всѣ туманности таковы.

Туманностями вообще называютъ незначительныя бѣлесоватыя пятна, похожія на мелкія облачка тумана, которыя сотнями тысячъ разсѣяны по небу. Большое количество ихъ открылъ Вильгельмъ Гершель, а въ послѣднее время профессоръ Килеръ въ громадный телескопъ Ликской обсерваторіи. Телескопъ не можетъ рѣшить, разложима данная туманность на отдѣльныя звѣзды или нѣтъ. Но это отлично выполняетъ спектроскопъ. Въ спектрахъ туманностей обнаружены два ясно различимые типа. Первый типъ — сплошной спектръ съ темными фраунгоферовыми линіями; второй типъ — спектръ газообразныхъ тѣлъ со свѣтлыми линіями, раздѣленными темными промежутками (см. таблицу на стр. 88). Первый типъ принадлежитъ звѣзднымъ скопленіямъ, второй — настоящимъ туманностямъ. Слѣдовательно, туманность есть не что иное, какъ гро-

мадные массы газовъ и паровъ, движущіяся въ неизмѣримыхъ глубинахъ пространства. Что эти массы газовъ испускаютъ свѣтъ, несмотря на низкую темпе-



Рис. 127. Туманность Оріона.

ратуру междузвѣзднаго пространства, такой фактъ не противорѣчитъ физическимъ опытамъ. Туманности содержатъ тѣ же вещества, какія вообще встрѣчаются въ солнцѣ и звѣздахъ. Разстоянія ихъ и размѣры не

поддаются пока нашим измѣреніямъ. Формы ихъ чрезвычайно разнообразны. Одинъ изъ самыхъ интересныхъ примѣровъ туманностей представляетъ собою огромная туманность въ созвѣздіи Оріона (см. рис. 127). Это громадная газообразная масса неправильной формы, отчасти, повидимому, спиральнаго строенія. Внутри ея видна четверная звѣзда (θ) или трапеція, повидимому, физически связанная съ туманностью. Туманность Оріона представляетъ собою типъ безформенной (а м о р ф н о й) туманности. Такова

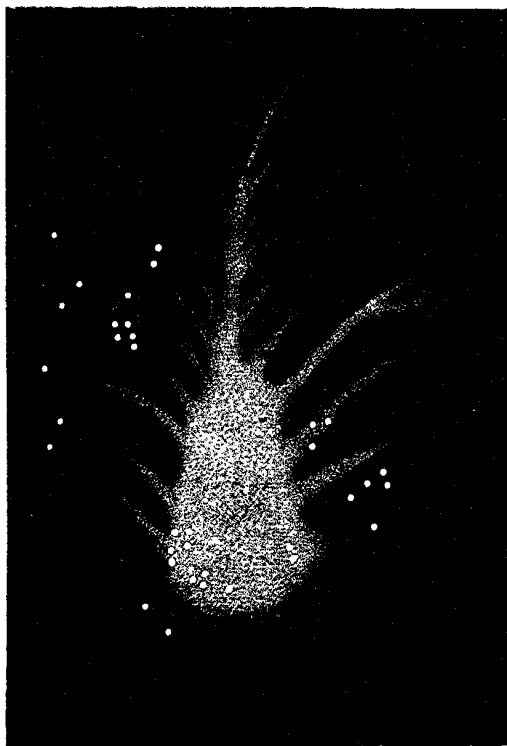


Рис. 128. Туманность въ Тельцѣ.

же еще, на примѣръ, ракообразная (краббовидная) туманность въ созвѣздіи Тельца, изображенная на рис. 128. Но есть туманности правильной формы, въ которыхъ тяготѣніе и движеніе частицъ уже успѣло расположить ихъ въ болѣе правильныя фигуры. Особенно много профессоръ Килеръ насчиталъ

спиральныхъ туманностей (до 120 тысячъ). Повидимому, это преобладающій типъ среди туманностей. Спиральная форма туманностей обнаруживаетъ слѣдующій замѣчательный фактъ: частицы вещества въ

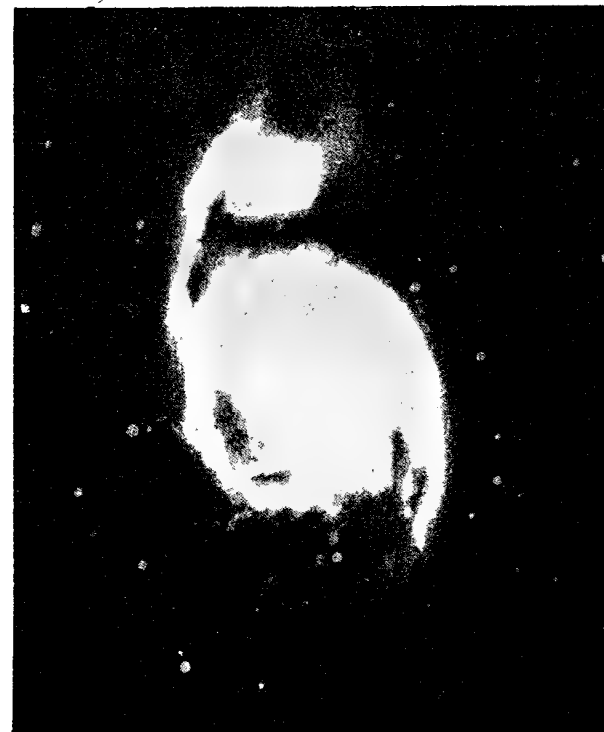


Рис. 129. Туманность въ Собакахъ.

туманностяхъ, подъ вліяніемъ чисто-механическихъ причинъ, очевидно, стремятся расположиться въ одной плоскости, т.е. стремятся принять именно то расположеніе, которое составляетъ отличительную черту нашей планетной системы (см. бесѣду V, стр. 186). Такимъ

образомъ строеніе нашей планетной системы, вѣроятно, вовсе не представляетъ рѣдкости въ звѣздномъ мірѣ. Примѣромъ спиральной туманности можетъ служить туманность Андромеды, ясно обнаруживающая свои отдѣльныя кольца (рис. 56). Изъ другихъ спиральныхъ туманностей укажемъ еще на туманность въ созвѣздіи Гончихъ Собакъ; ея фотографія изображена на рис. 129.

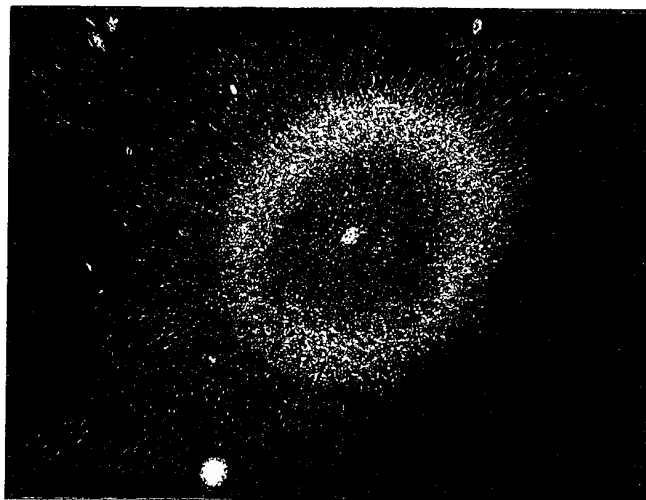


Рис. 130. Туманность въ созвѣздіи Лиры.

Среди туманностей правильной формы нужно отмѣтить еще колецеобразныя туманности. Фотографія такой туманности въ созвѣздіи Лиры изображена на рис. 130. Туманности нерѣдко встрѣчаются двойныя и вообще сложныя. Онѣ обладаютъ часто, какъ и звѣзды, движеніями огромныхъ скоростей, до десятковъ и сотенъ верстъ въ секунду. Эти скорости и скорости звѣздъ вообще астрономы оцѣниваютъ (большую частью) не прямыми измѣреніями, но совершенно особеннымъ

способомъ: они наблюдаютъ въ спектрахъ туманностей и звѣздъ смѣщенія свѣтлыхъ и темныхъ линій къ фіолетовому или къ красному концу спектра. Теорія свѣтового луча показываетъ, что если свѣтящееся тѣло обладаетъ движеніемъ по направленію самого луча, то для наблюдателя всѣ линіи въ спектрѣ луча должны смѣщаться къ красному его концу; если же тѣло удаляется отъ глаза, то линіи должны смѣщаться къ фіолетовому концу; при этомъ взаимное положеніе линій остается неизмѣннымъ, только всѣ онѣ сдвигаются. Подобныя смѣщенія линій и были замѣчены въ спектрахъ звѣздъ и туманностей; астрономы правильно приписали ихъ движенію свѣтилъ и по величинѣ смѣщеній опредѣлили приблизительно (но весьма еще неточно) скорости движеній. Такія измѣренія, однако, весьма трудны, требуютъ большого искусства и пока еще не дали надежныхъ результатовъ.

Въ распредѣленіи звѣздъ и туманностей на небосводѣ замѣчаются любопытныя особенности, которые приводятъ къ важнымъ и интереснымъ заключеніямъ о строеніи звѣзднаго міра, хотя всѣ такія заключенія только вѣроятны, но вовсе не достовѣрны. Уже В. Гершель, которому мы обязаны множествомъ открытій въ звѣздной астрономіи, производилъ систематическія сосчитыванія звѣздъ во всѣхъ частяхъ неба, направляя на нихъ свой огромный телескопъ и считая число звѣздъ, какъ бы «зачерпнутыхъ» телескопомъ, т.е. попавшихъ въ «поле зрѣнія» трубы. При этомъ обнаружилось особенное значеніе Млечнаго пути. Оказалось, что въ областяхъ, наиболѣе удаленныхъ отъ этого громаднаго звѣзднаго скопленія, телескопъ «зачерпываетъ» звѣздъ въ нѣсколько десятковъ разъ меньше, чѣмъ вблизи Млечнаго пути и въ немъ самомъ. Звѣздъ въ полосѣ Млечнаго пути скучено такое громадное ко-

личество, что даже самый сильный телескопъ не раздѣляетъ ихъ, и въ полѣ телескопа видно, что зачерпнутыя звѣзды окружены неразложимымъ «звѣзднымъ туманомъ». Нужно принять еще во вниманіе, что Млечный путь кажется намъ довольно широкой лентой, средняя линія которой расположена почти по большому кругу небосвода, т.-е. центръ этой линіи находится почти въ центрѣ кажущейся намъ небесной сферы. Это значитъ, что наша солнечная система находится внутри звѣзднаго скопленія, называемаго Млечнымъ путемъ: если бы это было не такъ, то Млечный путь былъ бы расположенъ по малому, а не по большому кругу неба. Если вообразимъ себѣ плоскость, проходящую черезъ среднюю часть Млечнаго пути, то сосчитываніе звѣздъ заставитъ насъ признать, что звѣзды и звѣздныя скопленія сгущены въ пространствѣ близко отъ этой плоскости; возлѣ же полюсовъ этой плоскости, т.-е. вблизи концовъ діаметра небосвода, перпендикулярнаго къ указанной плоскости, звѣзды попадаютъ наиболѣе рѣдко. Наоборотъ, туманности чаще попадаютъ вдали отъ Млечнаго пути.

Попробуемъ объяснить себѣ, почему расположеніе звѣздъ можетъ намъ казаться такимъ, каково оно есть. Звѣзды могутъ для насъ казаться сгущенными по двумъ причинамъ: 1) или потому, что ихъ дѣйствительно больше въ данномъ мѣстѣ, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ, или же 2) потому, что онѣ слишкомъ удалены отъ насъ и кажутся весьма близкими другъ къ другу, хотя на самомъ дѣлѣ разбросаны въ пространствѣ. Если принять первое предположеніе, то мы придемъ къ выводу, что Млечный путь есть слой звѣздъ, состоящій изъ миллиардовъ солнцъ, причемъ толщина слоя во много разъ меньше его ширины; мы сами находимся внутри этого слоя, и потому онъ

долженъ казаться намъ на небѣ широкой лентой, расположенной по большому кругу, такъ какъ, смотря по направленію ширины слоя, мы должны видѣть гораздо большее количество звѣздъ, чѣмъ смотря по направленію его толщины. Если принять второе предположеніе, то придется всетаки допустить, что даже при совершенно равномерномъ взаимномъ расположеніи звѣзды въ поясѣ Млечнаго пути находятся отъ насъ неизмѣримо дальше, чѣмъ звѣзды, разбросанныя вдали отъ него. Тогда Млечный путь представлялъ бы собою что-то въ родѣ пустого цилиндрическаго пространства, поверхность котораго равномерно усѣяна звѣздами и ширина котораго всетаки гораздо больше его толщины. Несомнѣнно, что первое предположеніе болѣе естественно и приемлемо, чѣмъ второе.

Итакъ, Млечный путь есть, вѣроятно, громадный слой звѣздъ. Солнце находится внутри его и является одной изъ его звѣздъ, число которыхъ должно измѣняться миллиардами. Если принять въ расчетъ тѣ предположительныя (гипотетическія) разстоянія звѣздъ, о которыхъ сказано на стр. 293, то придется допустить, что толщина звѣзднаго слоя въ восемь приблизительно разъ меньше его ширины (по Ньюкому), а ширина такова, что свѣту нужны тысячи лѣтъ, чтобы пробѣжать это огромное разстояніе. Звѣзды, составляющія «систему Млечнаго пути», находятся въ непрерывномъ движеніи и движутся въ самыхъ различныхъ направленіяхъ съ громадными часто скоростями. Насколько мы можемъ судить, эти движенія совершенно независимы другъ отъ друга и совершаются прямолинейно. О какихъ-либо общихъ центрахъ и о движеніи звѣздъ Млечнаго пути вокругъ этихъ центровъ не можетъ быть и рѣчи: какъ уже сказано, такіе центры должны были бы быть слишкомъ, невѣроятно боль-

шими массами, какихъ мы не наблюдаемъ. Наше солнце съ планетами также несется въ пространствѣ звѣздъ Млечнаго пути съ громадною скоростью (до 20 верстъ въ секунду) по направленію къ созвѣздію Лиры. Это движеніе, повидимому, также независимо отъ притяженія какого-либо центральнаго свѣтила; во всякомъ случаѣ, оно независимо отъ притяженія извѣстныхъ намъ звѣздъ Млечнаго пути.

Звѣзды Млечнаго пути находятся на различныхъ ступеняхъ развитія теплоты и свѣта; есть между ними немало и потухшихъ звѣздъ, такъ какъ столкновенія громадныхъ тѣлъ, производящія, вѣроятно, явленіе новыхъ звѣздъ, случались наиболѣе часто въ области Млечнаго пути (новыя звѣзды наблюдались въ Кассіопеѣ, Змѣеносцѣ, Возничемъ, Персеѣ, Тельцѣ и друг. созвѣздіяхъ, близкихъ къ Млечному пути). Возможно, что Млечный путь есть такое же звѣздное скопленіе, какимъ является туманность Андромеды. Если бы мы смогли взглянуть на Млечный путь съ разстоянія этой туманности, то очень можетъ быть, что онъ показался бы намъ такимъ же туманнымъ пятномъ, какъ скопленіе звѣздъ въ Андромедѣ. Спиральное строеніе, если его предположить у слоя звѣздъ Млечнаго пути, какъ оно наблюдается у туманности Андромеды, хорошо даже объясняетъ подробности внѣшняго вида Млечнаго пути.

ПРОИСХОЖДЕНІЕ СОЛНЦА, ЗЕМЛИ И ПЛАНЕТЪ.

Происхожденіе солнца, земли и планетъ.

Каждый изъ насъ, вѣроятно, не разъ въ своей жизни любовался звѣзднымъ небомъ въ ясную безлунную ночь и не разъ задавалъ себѣ вопросъ о томъ, что такое звѣзды — эти тысячи мерцающихъ огней, которые, вѣроятно, миллионы лѣтъ льютъ свой мягкій загадочный свѣтъ на землю и тысячи лѣтъ, быть-можетъ, возбуждаютъ тотъ же самый вопросъ въ головѣ всякаго пытливаго человѣка, способнаго хотя по временамъ отрываться отъ ежедневныхъ заботъ дѣловой жизни и задумываться о связи и причинахъ постоянно смѣняющихся явленій, пожелать глубже проникнуть въ сущность и происхожденіе окружающихъ его вещей.

Мы лучше понимаемъ смыслъ и значеніе какой-либо вещи, если хотя бы приблизительно знаемъ, какъ она произошла, какимъ путемъ шло ея развитіе. Было время (и вовсе недалекое), когда всѣ почти предметы за исключеніемъ живыхъ существъ, постепенный ростъ и развитіе которыхъ прямо бросаются въ глаза, считались неизмѣнными. Полагали, будто бы всѣ вещи навѣки оставались такими, какими однажды были сотворены: звѣзды никогда не измѣняли ни своего свѣта, ни взаимнаго положенія; горы на землѣ, камни и воды всегда оставались, въ общемъ, такими, какими люди видятъ ихъ въ данный моментъ, — съ

незначительными лишь измѣненіями, происходящими отъ размыванія и переноса частицъ супи текучей водой и вѣтромъ; формы наблюдаемыхъ нами сотенъ тысячъ видовъ животныхъ и растений, будто бы, никогда не измѣняются, мы видимъ ихъ такими, какими они были когда-то «сотворены»; племена и расы человѣческаго рода также таковы теперь, какими были тысячи лѣтъ тому назадъ. Такъ думало и теперь еще думаетъ громадное большинство людей на земномъ шарѣ.

Но уже нѣкоторые древне-греческіе великіе мыслители, какъ Фалесъ, Гераклитъ и Демокритъ (VI и V вѣкъ до Р. Х.), понимали, отгадывали чутьемъ гениальныхъ людей, что сущность міра вовсе не такова, что нѣтъ въ мірѣ ничего неизмѣннаго; что «все течетъ», все измѣняется, какъ училъ Гераклитъ, все проходитъ извѣстныя ступени непрерывнаго развитія, подобныя возрастамъ живого существа; что постоянное движеніе мельчайшихъ частицъ вещества (атомовъ) есть основа всѣхъ міровыхъ явленій, какъ училъ Демокритъ; что все въ мірѣ, звѣзды, солнце и планеты, произошли изъ одной первоначальной матеріи, изъ одного и того же, вначалѣ разжиженнаго, вещества («воды»), которое постепенно сгустилось въ шарообразныя небесныя тѣла, какъ училъ Фалесъ.

Однако, уже въ пятомъ вѣкѣ до Р. Х. началось паденіе греческой мысли, греческой «философіи», когда наибольшее значеніе въ обществѣ получили софисты, враги Сократа и вдохновители его казни. Съ третьяго же вѣка до Р. Х. начался полный упадокъ философской мысли въ Греціи. Римляне, покорившіе Грецію и почти весь древній міръ, не дали ни одного выдающагося мыслителя, подобнаго по таланту поименованнымъ грекамъ; а съ пятаго вѣка послѣ Р. Х., когда

римская имперія пала подъ ударами варварскихъ нашествій, было уничтожено не только всякое движеніе впередъ въ области мысли, но и все, что было раньше у грековъ и римлянъ хорошаго въ смыслѣ свободной науки и свободного изслѣдованія. Христіане, овладѣвши властью въ государствахъ, запретили учить въ философскихъ школахъ, сожгли громадную александрійскую библіотеку, какъ вредную свѣтскую мудрость, и звѣрски умертвили одну изъ представительницъ греческой философіи и науки — Гипатію, дочь математика Теона (415 г. по Р. Х.).

Тысячу лѣтъ послѣ того висѣли надъ Европой вѣка мрака и невѣжества, когда было опасно даже думать, а не только открыто говорить о сущности и происхожденіи вещей что-нибудь, не согласное съ тѣмъ, что написано было въ Библии. Только въ 16-мъ вѣкѣ великій итальянецъ Джордано Бруно воскресилъ глубокія мысли греческихъ философовъ объ измѣнчивости и непрерывномъ развитіи всѣхъ вещей міра и, опираясь на астрономическое ученіе Коперника, создалъ новое, полное захватывающей поэзіи, ученіе «о вселенной и мірахъ». Бруно училъ, что вокругъ неизмѣримо далекихъ звѣздъ — солнцъ, на кружащихся около нихъ планетахъ, царитъ вѣчная жизнь, и въ вѣчной смѣнѣ явленій обнаруживается непрерывное развитіе каждой вещи, ея зарожденіе, жизнь и угасаніе; что среди неизмѣримаго океана вещей и явленій возникаютъ, живутъ и исчезаютъ все новыя и новыя формы міровой, никогда не начинавшейся и никогда не умирающей, жизни. Джордано Бруно запечатлѣлъ мученической смертью на кострѣ (17 февраля 1600 года) свое великое ученіе и свою полную высокаго самоотверженія жизнь мыслителя и героя знанія, но его глубокія мысли о развитіи всѣхъ вещей блестяще подтвердились че-

резъ нѣсколько вѣковъ въ различныхъ наукахъ, въ трудахъ великихъ естествоиспытателей.

Уже въ началѣ 19-го вѣка великій французскій натуралистъ (естествоиспытатель) Ламаркъ въ своей «Философіи зоологіи» (1809 г.) разрушилъ старое мнѣніе о неизмѣнности видовъ животныхъ и растений и создалъ научно обоснованное ученіе объ ихъ измѣнчивости, о постепенномъ происхожденіи болѣе сложныхъ и развитыхъ видовъ изъ болѣе простыхъ и самыхъ простыхъ — путемъ воздѣйствія на ихъ организмы силъ окружающей среды и ихъ собственного труда и упражненія органовъ при добываніи средствъ для жизни. Въ концѣ 18-го вѣка подобную же мысль о развитіи небесныхъ свѣтилъ, т.-е. звѣздъ, солнца и планетъ, другъ изъ друга и изъ первоначальнаго вещества, изъ «туманности» высказалъ великій астрономъ—наблюдатель Вильгельмъ Гершель (около 1790 года) и почти одновременно съ нимъ знаменитый Лапласъ (1796 г.). Но прежде чѣмъ говорить о взглядахъ этихъ астрономовъ на происхожденіе небесныхъ свѣтилъ, познакомимся немного съ тѣмъ орудіемъ, которое позволило В. Гершелю сдѣлать новыя открытія, придти къ своимъ взглядамъ на вселенную. Познакомимся съ устройствомъ телескоповъ, которые позволили глубоко проникнуть въ бездны пространства, увидѣть сотни милліоновъ звѣздъ вмѣсто нѣсколькихъ тысячъ, видимыхъ невооруженнымъ глазомъ, и открыть такія свѣтила, такія подробности въ ихъ строеніи, о существованіи которыхъ никто раньше не подозрѣвалъ.

Вильгельмъ Гершель (1738—1822), родомъ нѣмецъ, сынъ ганноверскаго музыканта, вначалѣ занимался ремесломъ своего отца, но, переѣхавъ въ Англію въ 1759 году, пристрастился къ занятіямъ астрономіей и ма-

тематикой и нашелъ въ Англіи вторую родину. Слишкомъ бѣдный, чтобы купить себѣ телескопъ, онъ рѣ-

шилъ самъ изготовлять телескопы и постепенно достигъ въ этомъ дѣлѣ большого искусства. Съ 1785 по 1789 г. онъ построилъ громадный отражательный телескопъ или телескопъ-рефлекторъ въ 7 саженъ длины, съ зеркаломъ, котораго діаметръ былъ въ два аршина. Устройство Гершелева телескопа состояло въ слѣдующемъ (см.



Рис. 131. Вильгельмъ Гершель.

рис. 132). На днѣ трубы въ нѣсколько наклонномъ положеніи укрѣплено вогнутое зеркало А, точно отшлифованное въ видѣ шаровой поверхности большого

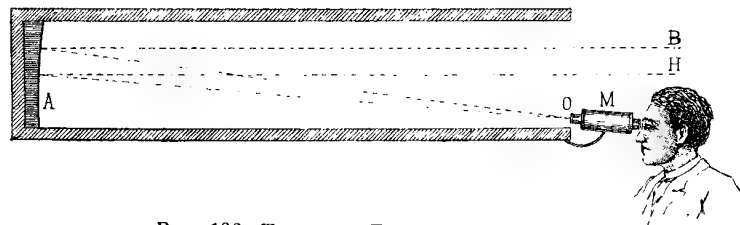


Рис. 132. Телескопъ Гершеля.

радиуса. Всякое такое зеркало обладает, какъ и «зажигательное» стекло или лупа, свойствомъ отражать и собирать лучи (B, H) отъ всякой свѣтящейся



Рис. 133. Телескопъ — рефлекторъ Ньютона.

гается увеличеніе; чѣмъ больше отражательное зеркало, тѣмъ больше оно собираетъ лучей и тѣмъ болѣе слабо свѣтящіеся предметы можетъ оно обнаруживать. Главный недостатокъ Гершелева телескопа состоялъ въ томъ, что голова наблюдателя, помѣщалась

точки, въ одной точкѣ O . Эта вторая точка называется фокусомъ первой. Если лучи идутъ отъ предмета, то каждая его точка даетъ свой фокусъ, а всѣ вмѣстѣ такіе фокусы даютъ изобра-

женіе предмета въ одной плоскости (фокальной плоскости), подобно тому какъ въ фотографическомъ аппаратѣ его предметное стекло (или линза) собираетъ лучи отъ предмета и даетъ изображеніе предмета на матовой стеклянной пластинкѣ. Въ телескопѣ Гершеля изображеніе получается на другомъ концѣ, у края трубы, въ фокальной плоскости O , и здѣсь оно разсматривается въ глазное стекло M или въ окуляръ, который есть не что иное, какъ сильное увеличительное стекло, сильная лупа, состоящая обыкновенно изъ двухъ маленькихъ плоско - выпуклыхъ стеколъ. Чѣмъ выпуклѣе (и меньше) стекла, тѣмъ большее дости-

у отверстія трубы и закрывала часть лучей отъ предмета. Теперь предпочитаютъ устройство отражательнаго телескопа, придуманное Ньютономъ. Въ Ньютоновомъ рефлекторѣ зеркало A (рис. 133) установлено прямо, и отраженные отъ него лучи B, C, H , пересѣкшись въ фокусѣ F , встрѣчаютъ на своемъ пути стеклянную призму BG ; отъ поверхности призмы BG лучи вновь отражаются подъ прямымъ угломъ, и передъ окуляромъ M получается изображеніе предмета $вн$. Самый

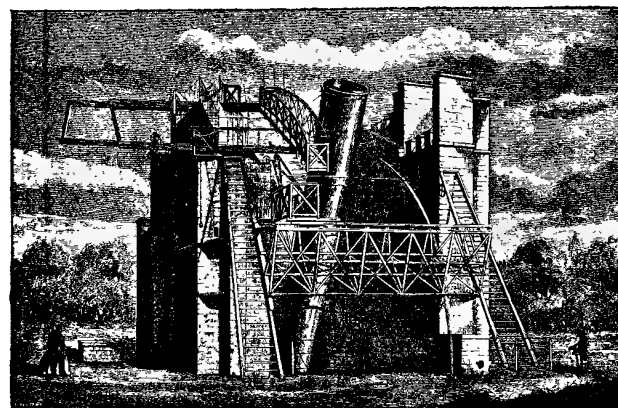


Рис. 134. Телескопъ—рефлекторъ лорда Росса.

большой телескопъ такого рода построилъ лордъ Россъ, англійскій астрономъ-любитель; длина трубы телескопа лорда Росса около 8 сажень, діаметръ зеркала 6 футъ, вѣсъ до 930 пудовъ. Наблюдатель помѣщается на ступенькахъ лѣстницы (такъ какъ зеркало находится внизу, а отверстіе телескопа вверх). Сила увеличенія рефлекторовъ можетъ быть доведена до 7, даже до 10 тысячъ разъ (т.-е. длина и ширина предмета кажутся увеличенными во столько разъ); однако, такими сильными

увеличеніями ни въ какихъ телескопахъ не пользуются: недостатки въ устройствѣ инструмента выступаютъ тогда слишкомъ сильно. Работаютъ съ увеличеніемъ не больше одной или двухъ тысячъ разъ.

Болѣе удобны, однако, для работы и теперь устраиваются обыкновенно другіе телескопы — рефракторы, устройство которыхъ основано на преломленіи свѣтовыхъ лучей въ стеклахъ. Всякій, вѣроятно, наблюдалъ, что если опустить въ воду карандашъ наклонно къ поверхности воды, то карандашъ кажется какъ бы переломленнымъ у поверхности воды. Это происходитъ потому, что вообще лучъ свѣта, переходя изъ одной «среды» въ другую (напримѣръ, изъ воздуха въ воду или въ стекло), мѣняетъ свое направленіе, «преломляется». На этомъ основаніи и ясно, почему двояко-выпуклое, «зажигательное», стекло можетъ собирать лучи отъ предмета въ одной точкѣ, въ фокусѣ, гдѣ и получается, при собираніи лучей солнца, яркая свѣтлая точка и сильное нагрѣваніе, способное зажечь бумагу, шерсть, дерево и т. п. Лучи измѣняютъ направленіе по выходѣ изъ двояко-выпуклаго стекла не одинаково, одни сильнѣе, другіе слабѣе, но такъ, что всѣ лучи собираются въ одной точкѣ. Какъ и вогнутое зеркало, такое стекло даетъ изображеніе предмета въ фокальной плоскости, поэтому стекла и употребляются для устройства телескоповъ-рефракторовъ (или преломляющихъ телескоповъ). Стекла рефрактора образуютъ двѣ системы. Одна система стеколъ, объективъ или предметное стекло, обращена къ рассматриваемому предмету. Объективъ даетъ изображеніе далекаго предмета въ своей фокальной плоскости. Другая система есть окуляръ, глазное стекло, и служитъ для рассматриванія изображенія, даннаго объективомъ.

Самое главное въ рефракторѣ—объективъ, и приговленье его сопряжено съ громадными трудностями, требуетъ большого искусства и врожденнаго таланта. За все время существованія рефракторовъ было только два гениальныхъ усовершенствователя объективовъ — швейцарецъ Фраунгоферъ (вначалѣ простой па-стухъ) и американецъ Альванъ Кларкъ (фотографъ). Поборотъ приходилось два главныхъ затрудненія: 1) слабость освѣщенія изображенія въ окулярѣ и 2) почти неизбежное окрашиваніе изображенія въ цвѣта радуги. Дѣло здѣсь вотъ въ чемъ. Телескопъ долженъ увеличивать предметъ. Но чѣмъ больше увеличеніе, тѣмъ больше телескопъ долженъ собрать свѣта отъ предмета, чтобы достаточно освѣтить изображеніе: если, напримѣръ, длина и ширина предмета увеличены телескопомъ въ 100 разъ, то площадь изображенія увеличится въ 100×100 или 10.000 разъ. Поэтому, чтобы изображеніе было такъ же ярко, какимъ кажется намъ предметъ, количество свѣта, собранное объективомъ, должно быть въ 10.000 разъ больше, чѣмъ количество свѣта, попадающее отъ предмета прямо въ глазъ. Значитъ, діаметръ объектива слѣдуетъ дѣлать возможно большихъ размѣровъ: тогда съ нимъ можно достигнуть большихъ увеличеній. Но здѣсь-то и обнаруживается другой недостатокъ стеколъ. Предметное стекло собираетъ лучи только приблизительно въ одной точкѣ. Изъ бесѣды IV (стр. 85) мы знаемъ, что бѣлый лучъ состоитъ изъ безчисленнаго множества цвѣтныхъ лучей радужныхъ оттѣнковъ, отъ краснаго черезъ оранжевый, желтый, зеленый, голубой и синій до фіолетоваго, и что различные лучи преломляются различно: болѣе всего фіолетовый, менѣе всего красный. Поэтому фокусъ краснаго луча получается дальше отъ объектива, чѣмъ фокусъ фіолетоваго луча, и въ фокусѣ

стекла не получается бѣлой свѣтящейся точки, но небольшая радужная полоса. Изображеніе предмета также окрашивается радужнымъ ореоломъ (сіяніемъ). Это явленіе называется свѣторазсѣяніемъ; оно тѣмъ больше, чѣмъ сильнѣе увеличеніе. Лѣтъ полтора тому назадъ думали даже, что невозможно избѣжать свѣторазсѣянія объективовъ. Но въ 1750 году англійскій оптикъ Доллондъ сумѣлъ исправить этотъ недостатокъ въ значительной степени. Онъ придумалъ для объектива сочетаніе двухъ стеколъ—плоско-вогнутого и двояко-выпуклаго (рис. 135). Стекла



Рис. 135. Разрѣзъ объектива телескопа.

берутся разныхъ сортовъ: плоско-выпуклое стекло изъ флинтгласа, двояко-выпуклое—изъ кронгласа. Кронгласъ почти такъ же сильно преломляетъ лучи, какъ флинтгласъ, но разсѣиваетъ лучи почти вдвое слабѣе. Стекла имѣютъ обратныя кривизны и потому дѣйствуютъ на лучи свѣта въ противоположномъ смыслѣ: кронгласъ собираетъ лучи, какъ всякая обыкновенная лупа, а флинтгласъ заставляетъ ихъ, наоборотъ, нѣсколько расходиться. Поэтому цвѣтные лучи, падая на флинтгласъ и выходя изъ кронгласа, становятся почти параллельными, и въ фокусѣ получается почти бѣлая точка, гораздо менѣе окрашенная, чѣмъ было бы безъ флинтгласа; только преломляющая способность кронгласа уменьшается почти на половину, т.-е. фокусъ отодвигается отъ стекла почти вдвое дальше. Однако, именно въ большихъ телескопахъ свѣторазсѣяніе всетаки оказывается неустранимымъ, и потому изображеніе звѣзды всегда бываетъ окружено голубымъ или фіолетовымъ ореоломъ-вѣнцомъ. Другая причина, не позволяющая доводить увеличеніе телескопа дальше извѣстныхъ пре-

дѣловъ,—атмосфера, окружающая землю. Воздушный океанъ, на днѣ котораго мы живемъ, находится въ постоянномъ движеніи. Поэтому края предметовъ кажутся намъ вообще (особенно на горизонтѣ) неяркими, размытыми, дрожащими, и этотъ недостатокъ усиливается телескопомъ во столько разъ, во сколько разъ увеличиваетъ телескопъ. Атмосфера и ея нечистота — наибольшіе враги астрономическихъ наблюдений; вотъ почему теперь и стараются устраивать обсерваторіи вдали отъ городовъ, на значительной высотѣ, въ горахъ.

Установка телескопа требуетъ особыхъ приспособленій. Вслѣдствіе суточного вращенія небосвода свѣтило уходитъ изъ поля зрѣнія телескопа, и чтобы наблюдать свѣтило достаточно времени, необходимо

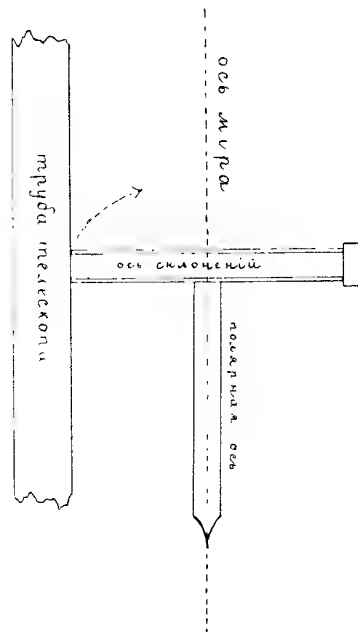


Рис. 136. Установка телескопа.

устроить такъ, чтобы телескопъ самъ слѣдовалъ за движеніемъ свѣтила. Установка (или монтаж) телескопа для этой цѣли придумана такая. Главная ось вращенія телескопа направляется параллельно оси вращенія земли или оси міра (см. стр. 241) и называется полярною осью (рис. 136). Вокругъ этой оси вращается перпендикулярная къ ней ось склоненій, на которой уже, въ свою очередь, вращается труба ре-

фрактора. Благодаря такому сочетанію осей, трубу можно направить на любое мѣсто неба. Кромѣ того, съ полярною осью соединенъ особый часовой механизмъ, который заставляет ось склоненій равномерно вращаться, описывая полный кругъ въ теченіе времени вращенія земли вокругъ ея оси. Инструментъ, какъ и звѣзда, вращается съ востока на западъ. Поэтому, если мы направимъ трубу на звѣзду и пустимъ часовой механизмъ въ ходъ, то звѣзда не уйдетъ изъ поля зрѣнія трубы, такъ какъ труба будетъ все время слѣдить за звѣздой. Чтобы наводить телескопъ на звѣзду, къ трубѣ телескопа придѣлывается параллельная ей короткая трубка—небольшой телескопъ-искатель. Дѣло въ томъ, что, чѣмъ сильнѣе увеличеніе телескопа, тѣмъ длиннѣе его труба и тѣмъ меньше та частица неба, которую можно въ трубу видѣть, тѣмъ меньше, какъ говорятъ, поле зрѣнія телескопа. Поэтому найти звѣзду легче въ искатель, чѣмъ въ телескопъ. Но есть такія слабыя небесныя свѣтила, что ихъ не увидишь въ искатель, котораго увеличеніе мало. Тогда телескопъ приводятъ въ требуемое положеніе, зная напередъ положеніе звѣзды въ моментъ наблюденія, зная ея координаты—склоненіе и прямое восхожденіе (см. стр. 263). Для этой цѣли къ телескопу приспособляются два раздѣленные круга, одинъ перпендикулярно къ полярной оси, другой перпендикулярно къ оси склоненій. Первый кругъ будетъ, слѣдовательно, параллеленъ небесному (и земному) экватору, и по нему можно отсчитывать часовые углы и прямыя восхожденія звѣздъ, а второй кругъ займетъ положеніе круга склоненій звѣзды, и по нему можно отсчитывать склоненія. Такимъ образомъ можно направить телескопъ на свѣтило, не видя самого свѣтила.

До Альвана Кларка лучшими считались объективы Фраунгофера. Они были превосходно изготовлены, но они достигали лишь 15 дюймовъ въ діаметрѣ. А. Кларкъ, портретистъ изъ Кэмбриджпорта, построилъ объективы въ 18, 26, 30, 36 и даже 40 дюймовъ въ діаметрѣ. При помощи его объективовъ въ Вашингтонѣ (26 дм.), на Ликской обсерваторіи (гора Гамильтонъ въ Калифорніи, 36 дм.), на Йеркской обсерваторіи, въ Чикаго (40 дм.), уже сдѣлано множество интереснѣйшихъ и важныхъ открытій. Телескопъ съ объективомъ А. Кларка (въ 30 дм.), установленъ на Пулковской обсерваторіи, въ Россіи, въ 1884 году.

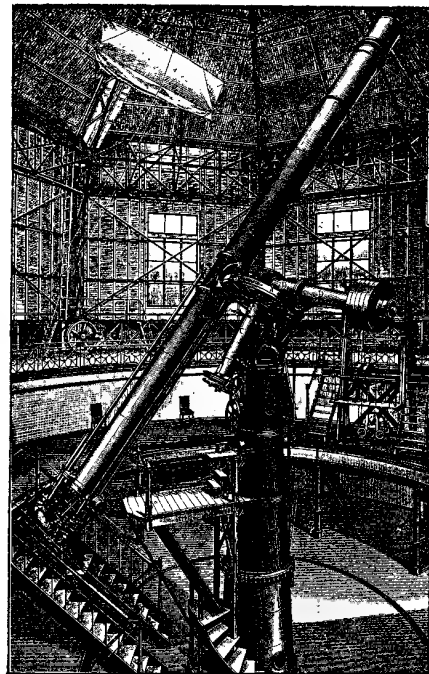


Рис. 137. Большой 30-дюймовый телескопъ въ Пулковѣ.

Трудности при изготовленіи линзъ для объективовъ встрѣчаются двухъ родовъ: 1) чрезвычайно трудно отлить совершенно однородное стекло, въ которомъ всѣ части его преломляли бы свѣтовой лучъ одинаково и были бы одинаково чисты и прозрачны; съ этой задачей справляются теперь лучшіе стеклянные заводы Европы и Америки; 2) еще труднѣе изъ плоскаго сте-

кляннаго круга, отлитаго на заводѣ, отшлифовать двояковыпуклое и плоско-выпуклое стекло, такъ чтобы поверхности ихъ были точными шаровыми и плоскими поверхностями. Малѣйшее отклоненіе, даже на $\frac{1}{400}$ долю миллиметра, отражается вредно на изображеніяхъ объектива. Преодоленіе этой послѣдней трудности требуетъ, очевидно, какихъ-то особыхъ дарованій, особаго геніальнаго чутья. Никакими машинами надлежащая обработка стекла для телескопа не достигается.

Еще большія услуги стали оказывать телескопъ въ дѣлѣ открытія и описанія новыхъ небесныхъ свѣтилъ, когда къ его окулярной части была приспособлена фотографическая камера. Фотографическая пластинка, когда изучили, къ какимъ лучамъ спектра (см. стр. 85) она наиболѣе чувствительна, оказалась много чувствительнѣе глаза и обнаружила такія подробности въ строеніи небесныхъ свѣтилъ, какихъ раньше не получалось на самыхъ тщательныхъ рисункахъ, сдѣланныхъ путемъ наблюденій въ телескопъ прямо глазомъ. Кромѣ того, пластинка позволяетъ изучать и измѣрять снимокъ на досугѣ, безъ постоянной боязни наблюдателя неба потерять небесное свѣтило изъ виду вслѣдствіе проходящихъ облаковъ или низкаго положенія на горизонтѣ, когда свѣтило постепенно близится къ закату. Фотографическая пластинка, при достаточномъ времени дѣйствія на нее лучей, схватываетъ и запечатлѣваетъ точно всѣ доступныя ей подробности во внѣшнемъ видѣ предмета, и притомъ она дѣлаетъ это, какъ говорятъ, объективно, т.е. безъ примѣси личныхъ свойствъ, различныхъ у различныхъ наблюдателей (въ устройствѣ ихъ органовъ чувствъ). Разрѣшенію же вопроса о природѣ и внутреннемъ строеніи свѣтилъ телескопъ помогъ тогда, когда къ окулярной его части былъ приспособленъ спек-

троскопъ (см. стр. 87), который въ соединеніи съ фотографической камерой даетъ возможность получить фотографію спектра небснаго свѣтила и по линіямъ спектра судить о химическомъ составѣ свѣтилъ (см. стр. 88).

Посмотримъ теперь, что показали астрономамъ въ глубинахъ пространства телескопъ и фотографическая пластинка и какъ они привели ихъ къ мысли о томъ, что всѣ небесныя свѣтила проходятъ одинаковыя въ общемъ ступени развитія теплоты и свѣта, произошли одинаковымъ образомъ.

Телескопъ обнаруживаетъ кругомъ насъ сотни миллионъ звѣздъ и другихъ небесныхъ свѣтилъ. Но какъ бы ни былъ силенъ телескопъ, это — далеко не всѣ существующія небесныя свѣтила. Если наблюдать даже въ самый сильный телескопъ Млечный путь, то въ этой блѣсаватой туманной полосѣ, которая опоясываетъ все небо, открываются сотни тысячъ невидимыхъ глазу звѣздъ, но блѣсаватый «звѣздный туманъ» все-таки остается въ полѣ зрѣнія телескопа и какъ бы окутываетъ собою маленькія блестящія точки — звѣзды. Еще болѣе поразительную картину представляютъ собою фотографіи нѣкоторыхъ областей Млечнаго пути. Здѣсь видны тысячи отпечатлѣвшихся на пластинкѣ звѣздъ, но онѣ тоже какъ бы погружены въ какую-то общую, не разложенную на отдѣльныя частицы туманную среду. Такова фотографія, снятая на Ликской обсерваторіи Барнардомъ съ части Млечнаго пути въ созвѣздіи Лебедя (рис. 138).

Но «звѣздный туманъ» встрѣчается не въ одномъ только Млечномъ пути. Ключья тумана встрѣчаются на небѣ повсюду. Еще Гершель открылъ и описать при помощи своего телескопа нѣсколько тысячъ «туманныхъ пятенъ». Въ настоящее время ихъ извѣстно

свыше ста тысячъ. Эти клочья неясно свѣтящейся туманной матеріи принимаютъ часто самыя прихотливыя и разнообразныя формы (нѣкоторыя изъ нихъ изображены на рисункахъ 127—130 и 56). Многія изъ туманныхъ пятенъ въ сильныя телескопы оказываются звѣздными скопленіями, въ которыхъ тысячи звѣздъ лежатъ такъ близко другъ къ другу, что нужно сильное увеличеніе, чтобы разложить скопленіе на отдѣльныя звѣзды. Подобными звѣздными скопленіями являются Млечный путь и туманность Андромеды (рис. 56); другіе примѣры звѣздныхъ скопленій мы видѣли на рис. 125, 126. Но существуютъ туманныя пятна, которыя не разрѣшаются въ звѣзды ни въ какой телескопъ, такъ какъ и не состоятъ изъ отдѣльныхъ звѣздъ; они представляютъ собою громадныя газообразныя массы, свѣтящіяся, несмотря на низкую температуру окружающаго пространства. Это настоящія туманности, но въ существованіи ихъ убѣждаетъ насъ уже не телескопъ, но спектроскопъ. Спектръ туманностей состоитъ изъ немногихъ свѣтлыхъ линій, какъ спектръ свѣтящихся газовъ вообще, тогда какъ спектръ звѣздныхъ скопленій является сплошной радужной полосой съ темными линіями, какъ у солнца (см. бесѣду VII, стр. 306).

Несмотря на большое разнообразіе формъ наблюдаемыхъ нами небесныхъ тѣлъ, мы можемъ раздѣлить ихъ всѣ на три совершенно ясно различаемые типа. Первый типъ—газообразная безформенная туманность, состоящая изъ газовъ и паровъ многихъ веществъ, знакомыхъ намъ на землѣ (водорода, гелія, кальція, желѣза и др.). Спектръ такой туманности состоитъ обыкновенно изъ немногихъ свѣтлыхъ линій, принадлежащихъ газамъ и парамъ опредѣленныхъ веществъ; линіи эти раздѣлены темными пространствами (см. таб.



Рис. 138. Фотографія части Млечнаго пути въ созвѣздіи Лебедя.

лицу спектровъ на стр. 88). Второй типъ — яркая, раскаленная звѣзда — солнце. Ея спектръ, подобно спектру солнца, есть радужная полоса, пересѣченная темными линиями; эти линии указываютъ на то, что бѣлые лучи, идущіе отъ ядра звѣзды, проходятъ сквозь окружающую ядро оболочку изъ газовъ и паровъ различныхъ веществъ. Третій типъ — темное охладившееся тѣло, подобное землѣ и вообще планетамъ.

Теперь можно поставить себѣ вопросъ о томъ, что представляютъ собою три отмѣченные типа небесныхъ тѣлъ? Существовали ли они всегда такими, какими мы ихъ наблюдаемъ, въ неизмѣнныхъ, какъ бы навѣки застывшихъ формахъ? Или же эти типы — только ступени одного общаго хода развитія небесныхъ свѣтилъ, того хода развитія, который должно проходить каждое свѣтило, превращаясь постепенно, въ теченіе сотенъ милліоновъ лѣтъ, изъ туманности въ раскаленную звѣзду, а затѣмъ въ погасшее темное, холодное тѣло? Первый астрономъ, серьезно задумавшійся надъ этимъ вопросомъ и рѣшившій его, былъ Вильгельмъ Гершель (см. рис. 131). При помощи построеннаго имъ громаднаго телескопа Гершель открылъ цѣлый рядъ неизвѣстныхъ до него туманностей и звѣздныхъ скопленій. Когда онъ внимательно пронаблюдаль и описалъ тысячи этихъ новыхъ небесныхъ свѣтилъ, его поразили постепенные, незамѣтные почти переходы между ихъ разнообразными формами. Три указанные выше типа небесныхъ тѣлъ вовсе не оказались рѣзко разграниченными между собою; между ними обнаружился цѣлый рядъ переходныхъ формъ. Отъ безформенной, громадной газообразной туманности, вродѣ туманности Оріона или Тельца (см. рис. 127 и 128), мы постепенно переходимъ къ раскаленной звѣздѣ — солнцу. Движеніе частицъ туманности посте-

пенно, въ теченіе, вѣроятно, сотенъ тысячъ и милліоновъ лѣтъ, приводитъ эти частицы въ болѣе правильное расположеніе. Появляются спиральныя туманности (см. рис. 56 и 129) — форма, на которую нужно обратить особенное вниманіе, такъ какъ она, повидимому, преобладаетъ среди туманностей. Профессоръ Килеръ (на Ликской обсерваторіи) открылъ свыше 120 тысячъ такихъ туманностей. Спиральная форма указываетъ на то, что частицы вещества туманности, подъ вліяніемъ какихъ-то механическихъ причинъ, стремятся расположиться въ одной плоскости. Иногда туманность можетъ принять даже кольцообразную на взглядъ форму (см. рис. 130), хотя, быть можетъ, и здѣсь, вслѣдствіе особеннаго положенія туманности по отношенію къ нашему глазу и отъ сплоченности ея, мы просто не замѣчаемъ отдѣльныхъ колецъ спирали. По закону тяготѣнія частицы туманности постепенно сгущаются вокругъ одного или нѣсколькихъ центровъ. Слѣдствіемъ взаимнаго сжатія и тренія частицъ являются раскаленное состояніе и весьма высокая температура туманности. Въ центрѣ и въ другихъ мѣстахъ туманности появляются раскаленные, болѣе ярко свѣтящіеся центры сгущенія, похожіе на звѣзды. Если главный центръ сгущенія былъ одинъ, то можетъ образоваться одна звѣзда, которая будетъ или неподвижной или будетъ вращаться на своей оси и двигаться прямолинейно въ пространствѣ, смотря потому, было или нѣтъ во вращательномъ движеніи все вещество туманности. Можетъ случиться, что вокругъ звѣзды будутъ обращаться по удлинненнымъ эллипсамъ кометы и рой метеоритовъ (см. стр. 227—229), какъ небольшія сгущенія первона-чальнаго вещества туманности, не вступившія въ главное сгущеніе. Если центровъ сгущенія было два

и вещество туманности вращалось вокругъ нѣкотораго общаго центра, то получится двойная звѣзда — система двухъ солнцъ, обращающихся одновременно вокругъ общаго центра тяжести (см. стр. 303, рис. 124). Движеніе двойныхъ звѣздъ, которыхъ извѣстны многія тысячи, совершается по законамъ Кеплера (см. стр. 149, 150), и это доказываетъ, что законъ всеобщаго тяготѣнія на самомъ дѣлѣ всеобщій и дѣйствуетъ на неизмѣримыхъ для насъ разстояніяхъ туманностей и двойныхъ звѣздъ. При большемъ числѣ центровъ сгущенія получаются тройныя, четверныя, вообще кратныя звѣзды и, наконецъ, громадныя звѣздныя скопленія; сложность движеній звѣздъ въ этихъ системахъ, вѣроятно, уже такъ велика, что не выражается законами Кеплера.

Звѣзды, образовавшіяся изъ туманностей путемъ сгущеній, приобретаютъ постепенно весьма высокую температуру, причемъ все вещество ихъ приходитъ въ состояніе раскаленныхъ паровъ и газовъ, которые только на поверхности охлаждаются и могутъ сгущаться въ капли жидкости. Высокая температура ядра звѣзды поддерживаетъ нисходящіе къ ядру и восходящіе къ поверхности звѣзды токи паровъ и газовъ, которые опускаются вслѣдствіе охлаждения на поверхности и вновь выталкиваются съ силою наверхъ вслѣдствіе сильнаго нагрѣванія внутри ядра. Это мѣшаетъ охлажденію поверхности звѣзды, и звѣзда путемъ непрерывнаго сгущенія вещества приходитъ въ то состояніе, при которомъ испускаетъ голубовато-бѣлые лучи свѣта. Но постепенно окружающее холодное пространство отнимаетъ тепло отъ звѣзды; отъ непрерывной потери тепла звѣзда сжимается и уплотняется настолько, что нисходящіе и восходящіе токи затрудняются, поверхность начинаетъ охлаждаться быстрѣе. Звѣзда постепенно переходитъ черезъ ступени бѣлаго,

желтаго и краснаго цвѣта и, наконецъ, потухаетъ, покрываясь темной корой. Такими, уже потухающими звѣздами являются, напримѣръ, переменныя звѣзды типа Дивной (Мира) въ созвѣздіи Кита (см. стр. 293). Всѣ онѣ краснаго цвѣта и обнаруживаютъ неправильныя колебанія въ своемъ блескѣ, то почти потухая, то разгораясь вновь. Очевидно, на поверхности такихъ звѣздъ появляются уже по временамъ громадныя темныя пятна.

Что въ глубинахъ междузвѣзднаго пространства существуютъ и совершенно темныя свѣтила, въ этомъ убѣждаютъ насъ переменныя звѣзды, обладающія правильными измѣненіями блеска (какъ Альголь, см. стр. 299), и еще новыя звѣзды. Правильныя измѣненія блеска переменныхъ звѣздъ хорошо объясняются тѣмъ, что вокругъ звѣзды движется темный крупный спутникъ, который, проходя между звѣздой и глазомъ, на время уменьшаетъ ея блескъ. Появленіе же новыхъ звѣздъ ясно указываетъ на то, что прежде это были темныя свѣтила, пришедшія затѣмъ въ раскаленное состояніе. Причина явленія можетъ быть двоякаго рода: или мы имѣемъ здѣсь предъ собою столкновеніе двухъ или многихъ прежде темныхъ тѣлъ и вслѣдствіе удара ихъ раскаленное состояніе; или же это изліяніе внутренней расплавленной массы сквозь уже охлажденную темную кору.

Наблюденіе постепенныхъ переходныхъ формъ среди небесныхъ свѣтилъ неизбѣжно приводитъ насъ къ тому выводу, что всѣ небесныя свѣтила произошли одинаковымъ образомъ изъ первоначальной сильно разрѣженной туманности, которая, вслѣдствіе тяготѣнія частицъ ея другъ къ другу, постепенно сгущалась вокругъ одного или многихъ центровъ, причемъ взаимное сжатіе частицъ привело вещество ту-

манности въ состояніе сильной раскаленности. Изъ туманностей образуются постепенно звѣзды и звѣздныя скопленія; а затѣмъ лучеиспусканіе теплоты въ холодное міровое пространство охлаждаетъ звѣзды и черезъ десятки и сотни милліоновъ лѣтъ превращаетъ ихъ въ темныя остывшія тѣла. Развитие свѣтилъ началось въ разное время и требуетъ различнаго количества времени. Поэтому мы среди милліоновъ свѣтилъ и наблюдаемъ всѣ ступени ихъ развитія. Таково было въ общихъ чертахъ ученіе В. Гершеля. Это была такая же теорія развитія формъ небесныхъ свѣтилъ, какою была почти одновременно съ нею открытая Ламаркомъ теорія развитія формъ растительнаго и животнаго царствъ на землѣ. Какъ и Гершель, Ламаркъ былъ приведенъ къ своей теоріи постепеннаго развитія болѣе сложныхъ организмовъ изъ менѣе сложныхъ, увидѣвши ясно, что невозможно установить точныя границы между видами живыхъ существъ, такъ какъ среди видовъ наблюдается большое число разновидностей, ясно доказывающихъ, что виды не есть что-то неизмѣнное, но способны къ измѣненіямъ.

Черезъ нѣсколько лѣтъ послѣ Гершеля, независимо отъ него, иля совершенно инымъ путемъ, къ подобнымъ же взглядамъ на происхожденіе солнца, земли и планетъ пришелъ Лапласъ. Въ седьмомъ примѣчаніи къ своей знаменитой книгѣ «Изложеніе системы міра» Лапласъ приходитъ въ выводу, что солнце и планеты нашей планетной системы образовались, вѣроятно, такъ. Вначалѣ вещество солнца и планетъ было сильно разрѣжено, распространялось гораздо дальше самой далекой планеты и напоминало своимъ видомъ туманность. Туманность вращалась вокругъ нѣкоторой оси, а внутри ея образовалось сгущеніе вещества, положившее начало развитію солнца. Вращеніе

придало туманности сплюснутую форму и заставило раздѣлиться на кольца. Изъ колецъ путемъ сгущенія вещества около одного или нѣсколькихъ центров образовались планеты. Вначалѣ планеты были подобны солнцу, такъ же расплавлены, какъ и оно. Вращаясь на осяхъ, онѣ также отдѣляли кольца, изъ которыхъ затѣмъ образовались спутники планетъ. Таково было въ общихъ чертахъ ученіе Лапласа. Картина развитія планетной системы по Лапласу изображена на рис. 83. Яркое подтвержденіе возможности подобнаго хода развитія даетъ фотографія туманности Андромеды, изображенная на рис. 56. Туманность ясно обнаруживаетъ и дѣленіе на кольца, и центральное сгущеніе.

Посмотримъ теперѣ, чѣмъ же подтверждается такое ученіе. Если оно справедливо, то въ нашей планетной системѣ должны сохраниться слѣды ея прошлаго, слѣды ея происхожденія. Въ движеніяхъ планетъ должны обнаружиться такія общія свойства, которыя дѣлаютъ неизбѣжнымъ предположеніе о томъ, что планеты вмѣстѣ съ солнцемъ произошли изъ одной первоначальной туманности. Мы увидимъ сейчасъ, что этихъ слѣдовъ прошлаго происхожденія сохранилось въ нашей солнечной системѣ не мало; они-то именно и заставили Лапласа придти къ его выводамъ.

Первое замѣчательное свойство нашей планетной системы состоитъ въ томъ, что всѣ планеты, за немногими исключеніями среди такъ называемыхъ малыхъ планетъ, движутся почти въ одной плоскости. Если мы возьмемъ только восемь большихъ планетъ — Меркурія, Венеры, Землю, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, то увидимъ, что взаимное наклоненіе плоскостей, въ которыхъ расположены ихъ орбиты, не превосходитъ девяти градусовъ. Если принять въ расчетъ громадность самыхъ орбитъ (по-

перечникъ орбиты Нептуна, самой крайней планеты, содержитъ 8400 слишкомъ миллионѣвъ верстѣ), то окажется, что всѣ восемь планетъ движутся какъ бы въ одной плоскости, въ плоскости орбиты земли (или эклиптики). Спрашивается, можетъ ли быть такое совпаденіе плоскостей орбитъ восьми планетъ случайнымъ, т.е. можно ли считать его слѣдствіемъ многихъ, неизвѣстныхъ намъ, причинъ, произведшихъ какъ бы случайно одно общее дѣйствіе, или же это—слѣдствіе одной главной общей причины? Рассчитаемъ какъ сдѣлалъ это проф. Р. Болль («Происхожденіе Земли»), какова вѣроятность того, что совпаденіе случайное. Вообразимъ, что на листѣ бу-

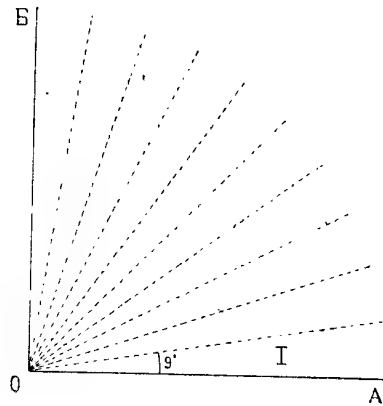


Рис. 139.

маги начерченъ прямой уголъ AOB (рис. 139) и раздѣленъ на 10 равныхъ частей; тогда каждая часть будетъ по девяти градусовъ. Возьмемъ восемь горошинъ помѣстимъ одну изъ нихъ въ уголъ I, а остальные семь бросимъ на удачу на пространство, занимаемое угломъ AOB. Какова вѣроятность, что всѣ семь горошинъ

и только одинъ; поэтому говорятъ, что вѣроятность попасть одной горошинѣ въ уголъ I есть $\frac{1}{10}$. Возьмемъ двѣ горошины. Каждая изъ нихъ можетъ попасть въ любой изъ 10 угловъ, поэтому на каждый изъ десяти равновозможныхъ случаевъ для первой горошины придется по десяти равновозможныхъ же случаевъ для второй горошины. Всѣхъ равновозможныхъ случаевъ при бросаніи двухъ горошинъ выйдетъ $10 \times 10 = 100$. Изъ этихъ 100 случаевъ для нашего предположенія, что обѣ горошины попадутъ въ уголъ I, будетъ благопріятенъ только одинъ. Значитъ, вѣроятность попасть обѣмъ горошинамъ въ уголъ I при бросаніи ихъ наудачу есть $\frac{1}{100}$. Разсуждая такимъ же образомъ дальше, найдемъ, что вѣроятность попасть тремъ горошинамъ всѣмъ въ одинъ уголъ I будетъ $\frac{1}{10 \times 10 \times 10} = \frac{1}{1000}$; четыремъ горошинамъ $\frac{1}{10 \times 10 \times 10 \times 10} = \frac{1}{10000}$ и т. д. Если возьмемъ семь горошинъ, то вѣроятность всѣмъ имъ при бросаніи наудачу попасть въ одинъ и тотъ же уголъ I будетъ всего только $\frac{1}{10000000}$, одна десяти-милліонная, т.е. изъ десяти миллионѣвъ равновозможныхъ случаевъ только одинъ будетъ благопріятенъ для нашего предположенія. Поэтому, если бы затѣялась игра, въ которой выигрывалъ бы тотъ, кому всѣ семь горошинъ удалось бы бросить въ уголъ I, то можно было бы поставить 10 миллионѣвъ рублей противъ одного рубля, что при одномъ бросаніи ему не удастся этого сдѣлать. Вотъ почему мы и не можемъ приписать случайнымъ причинамъ тотъ фактъ, что всѣ семь планетъ движутся почти въ одной плоскости съ землей. Должна существовать какая-то одна общая главная причина, заставившая двигаться всѣ планеты почти въ одной плоскости. Таково первое удивительное совпаденіе въ свойствахъ движеній пла-

нетъ. Перейдемъ къ другому, не менѣе удивительному совпаденію.

Въ нашей планетной системѣ теперь извѣстно свыше 600 (почти 700) планетъ, движущихся вокругъ солнца. Всѣ эти планеты безъ исключенія обращаются въ одномъ и томъ же направленіи—противъ нашихъ часовыхъ стрѣлокъ. Подсчитаемъ опять, какова вѣроятность, что такое удивительное совпаденіе случайно, а не есть слѣдствіе одной общей причины. Если взять одну планету, то для нея получится только два равновозможныхъ случая—движеніе противъ часовыхъ стрѣлокъ (прямое) и по часовымъ стрѣлкамъ (обратное). Если возьмемъ двѣ планеты, получится уже 2×2 или четыре равновозможныхъ случая, такъ какъ каждый изъ двухъ случаевъ для первой планеты можетъ сочетаться съ каждымъ изъ двухъ случаевъ для второй планеты. Для трехъ планетъ выйдетъ уже $2 \times 2 \times 2 = 2^3$ въ третьей степени (2³) или восемь равновозможныхъ случаевъ; для четырехъ планетъ случаевъ будетъ $2 \times 2 \times 2 \times 2$ или 2 въ четвертой степени (2⁴) и т. д. Если взять 600 планетъ, то равновозможныхъ случаевъ движенія по обоимъ направленіямъ выйдетъ 2⁶⁰⁰, т. е. два, взятое множителемъ 600 разъ. Это такое громадное число, что его трудно и представить себѣ. Оно начинается цифрой 4, и въ немъ будетъ 181 цифра, если бы его захотѣли написать. Слѣдовательно, вѣроятность того, что направленія движеній планетъ совпали случайно, равна чрезвычайно малой дроби, у которой числитель единица, а знаменатель громадное число, содержащее 181 цифру. Опять видимъ, что и второе совпаденіе не можетъ быть случайнымъ, но должно быть слѣдствіемъ одной общей причины. Перейдемъ къ третьему совпаденію.

Планеты вращаются на своихъ осяхъ и имѣютъ спутниковъ, которые движутся вокругъ нихъ. За исключеніемъ Урана и Нептуна, у которыхъ вращеніе на осяхъ и обращеніе спутниковъ совершаются въ обратномъ направленіи, а также Венеры и Меркурія, о вращеніи которыхъ еще нѣтъ твердо установленнаго мнѣнія, четыре большія планеты и ихъ 21 спутникъ (1 у Земли, 2 у Марса, 8 у Юпитера, 10 у Сатурна) вращаются въ одномъ и томъ же направленіи, именно въ томъ, въ которомъ совершается движеніе всѣхъ планетъ. Опять-таки и это совпаденіе не могло быть случайнымъ и было, навѣрное, слѣдствіемъ той же причины, которая произвела два первыхъ совпаденія. Но только здѣсь уже къ дѣйствию основной причины, очевидно, примѣшались вліянія другихъ менѣе значительныхъ и не столь общихъ причинъ. На это указываетъ прежде всего обратное движеніе спутниковъ Урана и Нептуна, а также тотъ фактъ, что экваторы планетъ Земли, Марса и Сатурна и особенно—Урана и Нептуна и орбиты ихъ спутниковъ значительно наклонены къ общей плоскости движенія планетъ (къ эклиптикѣ).

Какъ же объяснить всѣ эти три удивительныя совпаденія? Какова была общая причина, ихъ вызвавшая? Причина могла быть только одна: когда-то между планетами и солнцемъ существовала общая матеріальная связь, которая со временемъ исчезла, но слѣды ея остались именно въ видѣ общаго движенія планетъ въ одной плоскости и въ одномъ и томъ же направленіи. Какова же была эта матеріальная связь? Вотъ здѣсь мы и приходимъ къ предположенію (гипотезѣ), что первоначально вещество всѣхъ планетъ съ ихъ спутниками и солнца должно было составлять какъ бы

одно цѣлое, входило въ составъ одной и той же крайне разрѣженной туманности. Частицы вещества были разъединены, и все вещество занимало громадное пространство, въ сотни разъ, вѣроятно, большее, чѣмъ размѣры теперешней планетной системы. Туманность вращалась вокругъ нѣкоторой оси. Частицы ея, повинувшись закону взаимнаго притяженія, двигались, описывая вокругъ общаго центра тяжести туманности удлинненные эллипсы. Каково бы ни было это первоначальное движеніе частицъ, оно, какъ показываютъ правила механики, должно было придти постепенно въ одну, почти плоскость (Лапласова главная плоскость), и потому туманность приняла постепенно спиральную форму, такъ часто встрѣчаемую среди туманностей вообще. Вслѣдствіе общаго тяготѣнія частицъ къ центру тяжести туманности, частицы постепенно скоплялись около этого центра, гдѣ и образовалось сгущеніе вещества, положившее начало образованію солнца. Когда солнце образовалось, оно должно было вращаться въ ту же сторону, въ которую совершалось вращеніе всей туманности. Какъ мы видѣли въ бесѣдѣ IV (стр. 75), это такъ и есть: солнце вращается на своей оси въ 25 сутокъ въ ту же сторону, какъ и планеты, и его экваторъ наклоненъ къ эклиптикѣ меньше, чѣмъ на семь градусовъ. Такимъ образомъ объясняются движеніе всѣхъ планетъ и солнца почти въ одной плоскости и одинаковое направленіе ихъ движеній.

Планеты образовались изъ колецъ той спирали, въ которую постепенно развилась туманность; вещество кольца собиралось постепенно вокругъ одного или нѣсколькихъ центровъ. Если распредѣленіе вещества въ кольцо было неравномѣрно и одно мѣсто кольца содержало болѣе значительное скопленіе вещества, то около этого скопленія собиралось постепенно все

остальное вещество кольца, и образовалась такимъ образомъ одна планета; если же вещество кольца было распредѣлено равномѣрно, то вещество могло сгущаться около множества центровъ и образовать много небольшихъ планетъ, какъ это мы наблюдаемъ въ кольцѣ малыхъ планетъ между Марсомъ и Юпитеромъ (и въ кольцѣ Сатурна). Каждая планета вначалѣ была въ такомъ же состояніи, въ какомъ теперь находится солнце, и должна была вращаться вокругъ оси, почти перпендикулярной къ плоскости кольца, изъ котораго планета образовалась. Вращеніе должно было получиться потому, что скорость частицъ кольца, болѣе близкихъ къ солнцу, была не одинакова со скоростью частицъ, болѣе далекихъ отъ солнца. Если скорость внѣшнихъ частицъ кольца была больше скорости внутреннихъ его частицъ, то вращеніе планеты получалось въ ту же сторону, какъ и ея движеніе вокругъ солнца; если же, наоборотъ, внѣшнія частицы кольца двигались медленнѣе внутреннихъ, то вращеніе получалось въ обратномъ направленіи. Такъ объясняетъ прямые и обратные вращенія планетъ французскій астрономъ Фай (въ книгѣ «Происхожденіе міра»). Теперь даются и другія объясненія, но всѣ они еще не свободны отъ неясности и не избавлены отъ возраженій. Какъ бы то ни было, во всякомъ случаѣ, изъ большинства колецъ происходила одна малая туманность, подобная большой общей туманности, изъ которой она сама возникла; эта малая туманность, въ свою очередь, отдѣлила кольца, изъ которыхъ образовались спутники; спутники стали вращаться вокругъ планеты въ томъ направленіи, въ какомъ вращалась ихъ родоначальница — туманность. Что спутники планетъ могли образоваться такимъ путемъ, на это ясно указываетъ кольцо Сатурна (см. рис. 82), состоящее изъ мель-

чайшихъ спутниковъ, движущихся тремя отдѣльными кольцами. Труднѣе объяснить, почему наклоненія экваторовъ планетъ и орбитъ ихъ спутниковъ къ эклиптикѣ иногда такъ значительны (напримѣръ, у Урана наклоненіе доходитъ до 82 градусовъ, а если принять въ расчетъ обратное движеніе, то до 98 градусовъ). Такое явленіе могло имѣть причиной неравновѣсіе кольца, изъ котораго образовались спутники, и возмущающее вліяніе взаимныхъ притяженій спутниковъ.

Таковы главныя подтвержденія гипотезы Лапласа, которыя были извѣстны ему самому. Въ новѣйшее время прибавились еще другія убѣдительныя подтвержденія того, что солнце и планеты образовались изъ первоначальной туманности путемъ постепеннаго сгущенія ея вещества.

Прежде всего гипотеза первоначальной туманности—единственная гипотеза, которая вполне хорошо объясняетъ намъ происхожденіе громаднаго запаса солнечной теплоты. Солнечная теплота, какъ мы видѣли въ бесѣдѣ IV, является причиной почти всѣхъ движеній на земномъ шарѣ и необходимымъ условіемъ жизни всѣхъ живыхъ существъ на землѣ. Солнце уже на глазахъ людей много тысячъ лѣтъ изливаетъ потоки тепла и свѣта на землю, и сила его лучей, повидимому, нисколько не уменьшается. Между тѣмъ, потеря тепла солнцемъ громадна. Каждую секунду оно, какъ мы видѣли на стр. 94, излучаетъ въ холодное окружающее пространство не менѣе

140 000 000 000 000 000 000 000

единицъ теплоты. Земля перехватываетъ меньше одной двухтысячамилліонной доли этого тепла, но такой доли, однако, достаточно вполне, чтобы поддерживать на землѣ жизнь и движеніе; этого тепла было бы до-

статочно, чтобы въ одинъ годъ расплавить слой льда въ 16 сажень высоты, если бы онъ покрывалъ весь земной шаръ. Спрашивается, какъ объяснить такое странное явленіе, что солнце теряетъ столько тепла и не охлаждается, не гаснетъ? Если бы солнце все состояло изъ какого-либо горючаго вещества, напримѣръ, каменнаго угля, то его горѣнія хватило бы самое большое на три-четыре тысячи лѣтъ. Поэтому горѣніе не объясняетъ происхожденія солнечной теплоты. Его объясняетъ только ударъ и сжатіе. Если мы предположимъ, что солнце вначалѣ было огромной туманностью, чрезвычайно разрѣженной, то ея сгущеніе до теперешнихъ размѣровъ солнца могло произвести путемъ сжиманія частицъ такой большой запасъ теплоты, котораго при нынѣшней годовой потерѣ должно хватить на 18—20 милліоновъ лѣтъ. Кромѣ того, тепло солнца и теперь еще можетъ пополняться его продолжающимся сжатіемъ, а также паденіемъ на солнце мельчайшихъ частицъ, оставшихся отъ первоначальной туманности,—метеоритовъ. Чтобы пояснить громадность полученнаго такимъ путемъ запаса солнечной теплоты и малость ежегодной потери въ сравненіи съ нимъ, проф. Роб. Болль (въ книгѣ «Происхожденіе Земли») даетъ слѣдующій пояснительный примѣръ: вообразимъ запасъ зерна въ амбарѣ, въсомъ въ 150 тысячъ слишкомъ пудовъ, и будемъ ежегодно вынимать изъ него только по одному зерну. Тогда весь запасъ зерна изобразить запасъ солнечной теплоты, а одно ежегодно истрачиваемое зерно — ежегодную потерю тепла солнцемъ.

Такое объясненіе происхожденія солнечной теплоты путемъ сгущенія частицъ и паденія ихъ къ центру солнца установлено въ наукѣ благодаря открытію великаго изслѣдователя Роберта Майера (см. рис. 51);

Онъ въ первый разъ разъяснилъ связь между работой, которую производитъ движущееся тѣло, и тепломъ, которое получается при затратѣ этой работы, и показалъ, какъ можно вычислить количество такого тепла (см. стр. 97—99).

Другимъ не менѣе убѣдительнымъ подтвержденіемъ общаго происхожденія всѣхъ небесныхъ свѣтилъ явилось открытое въ 1859 году единство вещества во вселенной, установленное «спектральнымъ анализомъ». Оказалось, что солнце и звѣзды, туманности, кометы и метеориты содержатъ тѣ же вещества, какія мы встрѣчаемъ въ земной корѣ. Если солнце, земля, планеты и кометы произошли изъ одной и той же туманности, вещества, изъ которыхъ они состоятъ, должны быть одинаковы. Это и подтверждаетъ изученіе спектровъ солнца и кометъ, а также химическое изслѣдованіе состава метеорныхъ камней.

Есть въ нашей планетной системѣ и другіе слѣды ея прошлаго, слѣды ея происхожденія. Укажемъ прежде всего на кометы и падучія звѣзды. Всѣ частицы первоначальной туманности, конечно, не могли войти въ составъ солнца и планетъ. Часть частицъ осталась свободной и должна была образовать болѣе мелкія тѣла, похожія, въ сравненіи съ планетами, на пыль. Эти пылеобразныя частицы и до сихъ поръ цѣлыми тучами движутся внутри нашей планетной системы и даютъ начало кометамъ и потокамъ метеоритовъ. Приближаясь къ солнцу, такая туча маленькихъ тѣлъ раскаляется, испаряетъ газы, а отталкивательная сила пронизывающихъ эти газы солнечныхъ лучей гонитъ ихъ отъ солнца и образуетъ хвостъ кометы. При каждомъ оборотѣ вокругъ солнца маленькія тѣла, составляющія ядро кометы (метеориты), разъединяются, отстаютъ другъ отъ друга и распределяются вдоль

всей орбиты. Земля иногда встрѣчаетъ такой потокъ метеоритовъ, притягиваетъ ихъ къ себѣ, метеориты начинаютъ падать на поверхность земли, раскаляются вслѣдствіе тренія въ атмосферѣ земли и производятъ явленіе звѣзднаго дождя. Отдѣльные же метеориты являются падучими звѣздами или, если они велики по размѣрамъ, то пролетаютъ яркими болидами, которые иногда съ трескомъ разрываются на части и дождемъ камней падаютъ на землю (см. бес. VI).

И на самомъ земномъ шарѣ, а также и на прочихъ планетахъ сохранились до сихъ поръ слѣды ихъ происхожденія. Земля, какъ и большинство планетъ, оказывается не точно шарообразной, но приплюснутой у полюсовъ. Такая форма могла произойти только потому, что всѣ планеты находились прежде въ расплавленномъ, огненно-жидкомъ состояніи. Вращеніе вокругъ оси создаетъ такъ называемую центробѣжную силу, которая заставляетъ каждую частицу удаляться отъ оси вращенія. На экваторѣ центробѣжная сила достигаетъ наибольшей величины, и потому экваторъ долженъ растянуться, а весь земной шаръ сплюснуться у полюсовъ (см. бесѣду I, стр. 47). Слѣды прежняго расплавленного состоянія и теперь еще существуютъ внутри земной коры. Наблюденія показали, что, начиная съ нѣкоторой глубины, температура повышается на 1 градусъ съ углубленіемъ на каждыя 12—15 саженъ. Если повышеніе температуры идетъ и дальше въ такомъ же порядкѣ (а въ глубокихъ слояхъ оно, быть-можетъ, идетъ еще быстрее, такъ какъ давленіе верхнихъ слоевъ дѣлается больше и больше), то на глубинѣ 200 верстъ уже должна быть такая высокая температура, что всѣ вещества окажутся расплавленными. Существованіе расплавленныхъ массъ внутри земной коры ясно доказываютъ и теперь еще дѣйствую-

щие на земномъ шарѣ вулканы. При изверженіи вулкана изъ его жерла вырываются горячіе пары, выбрасываются пепелъ и камни и течетъ горячая лава, расплавленное вещество, температура котораго доходитъ до нѣсколькихъ тысячъ градусовъ. Такимъ изверженіемъ Везувія (близъ Неаполя въ Италіи) были уничтожены въ 79 году по Р. Х. два цвѣтушіе римскіе города Геркуланумъ и Помпея, а въ 1902 году изверженіе Лысой горы (Монъ-Пеле) на островѣ Мартиникѣ уничтожило городъ Сентъ-Пьеръ. Такимъ образомъ совершенно ясно, что прежде, сотни тысячъ лѣтъ тому назадъ, планеты были въ такомъ же состояніи, какъ солнце, и затѣмъ только, постепенно охлаждаясь, покрылись темной корой.

Итакъ, великая мысль Гершеля и Лапласа насчетъ общаго происхожденія солнца и планетъ изъ первоначальной туманности, вполнѣ подтвердилась всѣми новѣйшими данными астрономической науки. Мы можемъ поэтому не сомнѣваться въ вѣрности этой мысли, хотя многія частности въ устройствѣ планетной системы и не объяснены еще ею. Мы не можемъ объяснить ихъ, такъ какъ намъ неизвѣстны первоначальныя механическія условія, въ которыхъ находилась туманность. Если бы мы точно знали эти условія, то современное состояніе планетной системы было бы прямо выведено, какъ необходимое слѣдствіе изъ этихъ первоначальныхъ условий. Судить же о томъ, каковы были эти условія на основаніи нынѣшняго механическаго состоянія планетной системы, идти въ разсужденіяхъ обратнымъ путемъ, отъ слѣдствій къ ихъ причинамъ, чрезвычайно трудно въ виду большой сложности вопроса. Но во всякомъ случаѣ, несомнѣнно одно: нельзя придумать никакой другой причины удивительныхъ совпаденій въ движеніяхъ планетъ, кромѣ

той, которую открыли Гершель и Лапласъ. Гипотеза первичной туманности или небулярная гипотеза есть неизбѣжное предположеніе, на которое наталкиваетъ нашъ умъ сила самихъ вещей; принять эту гипотезу вынуждаютъ насъ особенныя свойства движеній внутри нашей планетной системы, указанныя Лапласомъ, и постепенный переходъ отъ однѣхъ формъ небесныхъ свѣтилъ къ другимъ, какъ его наблюдалъ Гершель.

З а к л ю ч е н і е.

Изъ прочтенныхъ Вами, читатель, восьми краткихъ очерковъ движенія, физическаго устройства и происхожденія небесныхъ свѣтилъ, вы можете видѣть, что наши астрономическія познанія распадаются на два довольно отличныхъ другъ отъ друга отдѣла.

Первый отдѣлъ нужно назвать планетной механикой. Въ немъ изучаются движенія планетъ и законы этихъ движеній, начиная съ видимаго движенія звѣздъ и солнца, которое является слѣдствіемъ суточного и годового движенія земного шара. Этотъ отдѣлъ трудами великихъ астрономовъ, физиковъ и математиковъ Коперника, Кеплера, Галилея, Гюйгенса, Ньютона, Клеро, Лагранжа, Гаусса, Лапласа доведенъ до такой степени совершенства, что позволяетъ не только объяснить одной общей причиною малѣйшія явленія въ движеніяхъ планетъ, но и предсказывать наступленіе явленій напередъ со всею точностью, доступною нашимъ средствамъ наблюденія и измѣренія. Такое совершенство въ развитіи планетной механики достигнуто потому, что движенія планетъ сведены къ одной общей причинѣ — взаимному тяготѣнію ихъ по закону Ньютона. Этотъ законъ столь всеобщъ, что не теряетъ своей силы на неизмѣримыхъ звѣздныхъ разстояніяхъ. Ему подчинено какъ движеніе огромныхъ солнцъ въ системѣ двойной звѣзды, такъ и движеніе мельчайшей кометы и падучей звѣзды. Благодаря такому высокому совершенству, планетная

механика стала примѣромъ, типомъ науки, къ которому стремится построеніе всѣхъ наукъ о природѣ, всего естествознанія. Это же точное знаніе общихъ законовъ явленій позволило сдѣлать въ астрономіи блестящія практическія приложенія: рѣшить точно задачу о правильномъ и удобномъ для практики счисленіи времени, — задачу, которая, вѣроятно, и положила начало первымъ астрономическимъ открытіямъ, вызвала къ жизни самую науку астрономію, — и задачу объ опредѣленіи положеній мѣстъ на земномъ шарѣ, лежащую въ основѣ черченія географическихъ картъ и кораблевожденія.

Другой отдѣлъ астрономіи — ученіе о физическомъ устройствѣ небесныхъ свѣтилъ и объ ихъ происхожденіи — даже и приблизительно не обладаетъ тою степенью совершенства, которою обладаетъ планетная механика. Здѣсь многое для насъ еще темно и сомнительно, въ особенности, когда дѣло касается объясненія формъ небесныхъ свѣтилъ, происхожденія ихъ и того, что мы наблюдаемъ на ихъ поверхности. Но несмотря на отрывочность и неполноту свѣдѣній этого второго отдѣла (называемаго обыкновенно астрофизикой), онъ далъ человѣческому уму два великія положенія, двѣ великія, твердо установленныя идеи. Первая идея — это идея о единствѣ вещества во всей вселенной, открытая благодаря примѣненію спектральнаго анализа. Вторая идея — это идея о единствѣ и общности законовъ, управляющихъ всѣми явленіями въ огромной вселенной, которой частицу составляетъ наша солнечная система. Такихъ общихъ законовъ космическая физика можетъ указать два: одинъ — законъ всеобщаго тяготѣнія, открытый великимъ Ньютономъ, другой — законъ сохраненія силы (или энергіи), открытый гениальнымъ нѣмецкимъ врачомъ Робертомъ Майеромъ.

Благодаря открытію Майера, обнаружилась неожиданно связь между тяготѣніемъ и теплотой, явилась возможность объяснить физическое состояніе свѣтилъ сгущеніемъ вещества, его притяженіемъ къ одному или нѣсколькимъ центрамъ и развитіемъ теплоты, которое получается отъ такого сгущенія. Только послѣ Майерова открытія стало возможнымъ вычислять, какое именно количество теплоты разовьется при данныхъ условіяхъ, и такимъ образомъ провѣрять правильность предположеній о строеніи и способѣ происхожденія небесныхъ свѣтилъ. Эти два великіе закона открыты при помощи наблюдений на земной поверхности, но ихъ приложеніе къ объясненію всѣхъ міровыхъ явленій увѣнчалось такимъ блестящимъ успѣхомъ, раскрыло такъ много новаго, дало возможность нарисовать такую сравнительно стройную, связную картину міровыхъ явленій и развитія міра, что мы по справедливости можемъ считать эти законы всеобщими незыблемыми законами природы.

Вмѣстѣ оба отдѣла составляютъ одну великую науку о небесныхъ свѣтилахъ, астрономію, начало которой теряется въ дали вѣковъ прошлой исторіи человѣчества. Возникнувъ, вѣроятно, изъ чисто-практической потребности—установить календарь, согласный съ теченіемъ временъ года, астрономія въ течение двухъ тысячелѣтій, со временъ Гиппарха, развилась въ стройное, величественное ученіе о мірѣ, о космосѣ, о томъ «великомъ цѣломъ», частицу котораго составляетъ самъ человѣкъ, постигающій силой своего разума законы, управляющіе этимъ космосомъ. Въ теченіе вѣковъ своего развитія астрономія постепенно разрушила оковы предразсудковъ, тяготѣвшихъ надъ умомъ человѣка, и освободила этотъ умъ для великой работы познанія природы, для точнаго изученія силъ,

управляющихъ ея явленіями, и для раскрытія способовъ заставить эти силы служить нашимъ практическимъ цѣлямъ. Астрономія разрушила тѣсныя хрустальные сферы, будто бы окружавшія землю; она раздвинула границы видимаго міра до практически неизмѣримыхъ величинъ, которыя выражаются тысячами «свѣтовыхъ годовъ», и въ лицѣ великаго мученика новой астрономіи Джордано Бруно создала глубокое, полное захватывающей поэзіи и красоты ученіе о вселенной и мірахъ, о вѣчномъ непрерывномъ развитіи небесныхъ свѣтилъ и никогда не прекращающейся жизни въ этихъ неизмѣримо далекихъ мірахъ, называемыхъ звѣздами. Астрономія разрушила старое ученіе о неподвижности земли, цѣною жизни и мученій великихъ своихъ представителей Бруно и Галилея распространила въ мірѣ великую освобождающую идею Коперника о движеніи земного шара. Развитіе астрономіи въ новое время положило начало развитію естествознанія, развитію науки о природѣ, которая совершенно измѣнила не только внѣшнюю жизнь народовъ, благодаря техникѣ, основанной на естествознаніи, но измѣнила въ корнѣ и взгляды человѣчества на самого себя и на свое мѣсто въ природѣ. Не столько важно то, что жизнь наша теперь устроена болѣе удобно и безопасно, благодаря машинамъ, желѣзнымъ дорогамъ, телеграфу и т. п., сколько то, что надъ умомъ образованнаго человѣчества не тяготѣютъ прежнія суевѣрія и предразсудки. Мы теперь знаемъ, что въ явленіяхъ міра нѣтъ произвола, ими не управляетъ никто, стоящій какъ бы внѣ міра; міровыя явленія протекаютъ по опредѣленнымъ математическимъ законамъ, которые присущи самому веществу и его движеніямъ и не зависятъ ни отъ чьего произвола; законы природы незыблемы и всеобщы.

Всѣ явленія міра закономѣрны—вотъ великое завоеваніе современной науки, изгоняющее всякія суевѣрія и освобождающее умъ человѣка отъ этихъ страшныхъ оковъ, которыя гораздо опаснѣе и вреднѣе оковъ нужды и даже насилія человѣка надъ человѣкомъ. Само насиліе живетъ обыкновенно на счетъ грубыхъ суевѣрій громадныхъ массъ народа. Астрономическія явленія—первый наиболѣе ясный и простой примѣръ всеобщей закономѣрности явленій. Отсюда и вытекаетъ громадное значеніе астрономическихъ знаній въ исторіи умственного развитія человѣчества и каждаго отдѣльнаго человѣка. Вотъ почему основные астрономическіе вопросы никогда не потеряютъ своей притягательной силы для мыслящаго развивающагося ума, пока не угаснетъ въ мірѣ человѣческое сознаніе.

Книги, составленныя или переведенныя

Дм. РОЙТМАНСМЪ:

КУРСЪ КОСМОГРАФІИ (Начала астрономіи). Изд. 2-е, кн. маг. Н. Д. Тяпкина (9 л., 6). 1908. Ц. 1 р. 10 к.

Уч. Ком. М. Н. П. допущена, какъ руководство для мужскихъ средн. уч. зав.

НАЧАЛА ГЕОМЕТРІИ. Отд. первый: Чѣмъ занимается геометрія? Отд. второй: Практическая геометрія, измѣренія длинъ, площадей и объемовъ. Изд. Лиговскаго пароднаго дома (Прилукская, 10). 1905. Ц. 40 к.

КУРСЪ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ГЕОМЕТРІИ, со включеніемъ начала тригонометріи, изложенный по видоизмѣненной системѣ и приспособленный для самостоятельнаго изученія. Изд. Т-ва И. Д. Сытина. Москва. 1907. Ц. 1 р. 25 к.

ОБЩЕДОСТУПНЫЕ ОЧЕРКИ ИЗЪ ОБЛАСТИ АСТРОНОМІИ. Вып. I. Форма и движеніе земли. 1907. Ц. 40 к. Вып. II. Луна. Солнце. Планеты. Кометы и падающія звѣзды. Звѣздные міры. Происхожденіе небесныхъ свѣтилъ. Изд. Т-ва И. Д. Сытина. Москва. 1909. Ц. 1 р. 50 к.

ДЖЕМСЪ МОРРИСОНЪ. Какъ построить географическую карту и какъ ею пользоваться. Съ англ. перев. Дм. Ройтманъ. Изд. Т-ва И. Д. Сытина. Москва. 1907. Ц. 50 к.

Послѣсловіе къ „КУРСУ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ГЕОМЕТРІИ“ Дм. Ройтмана. По поводу рецензіи г-на Н. С. въ Ж. М. Н. Ц., Апрель 1908 г. СПб. 1908. (Складъ у автора, В. О., 5 л., 30, кв. 17.)

ЕВГЕНІЙ ДЮРИНГЪ, какъ литературный критикъ и его новый критическій приѣмъ. По поводу книги „Великіе люди въ литературѣ“, 1897, перев. Ю. М. Антоновскаго. СПб. 1899. Ц. 30 к. (Складъ: 5 л., 30, кв. 17.)

СОЦІАЛЬНОЕ СПАСЕНІЕ въ дѣйствительномъ правѣ, соч. Евгенія Дюринга. Съ нѣм. перев. Дм. Ройтманъ. Изд. книгоизд. „Цѣиность жизни“. СПб. 1909. Складъ въ кн. маг. Н. Д. Тяпкина, 9 л., 6. Ц. 1 р. 30 к.

ЭМИЛЬ ДЕЛЬ. Судьба всѣхъ утопій, въ особенности соціально-демократической, и Дюрингова эмансипація личности. Съ нѣм. перев. Дм. Ройтманъ. СПб. 1906. Ц. 15 к. (Складъ 9 л., д. 6.)

Е. ДЮРИНГЪ. Высшее женское образованіе и университеты, съ прилож. главы объ основахъ самообразованія. Съ нѣм. перев. Дм. Ройтманъ. СПб. 1902. Ц. 40 к. (Складъ у переводчика.)